This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

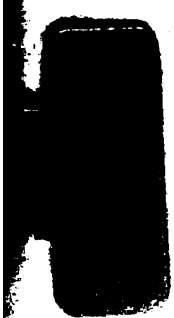
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

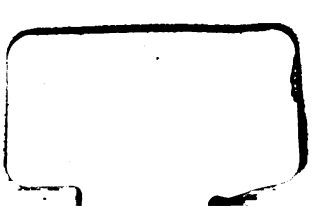
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

KSC-972





Digitized by Google

4400

Digitized by Google

Digitized by Google

ROZPRAWY
AKADEMII UMIEJĘTNOŚCI.

WYDZIAŁ
MATEMATYCZNO-PRZYRODNICZY.

Serya II. Tom ~~XIX~~. XX

Ogólnego zbioru tom czterdziesty.

(z 3-ma tablicami i 17 rycinami).

W KRAKOWIE.
NAKŁADEM AKADEMII UMIEJĘTNOSCI.
SKŁAD GŁÓWNY W KSIĘGARNI SPÓŁKI WYDAWNICZEJ POLSKIEJ.
1901.

Digitized by Google

KSG972

Kraków, 1901. — Drukarnia Uniwersytetu Jagiellońskiego, pod zarządem J. Filipowskiego.

Digitized by Google

TREŚĆ.

		Strona
1.	W. Heinrich: Krytyczny przegląd dotychczasowych badań nad wrażeniami barwnemi. Studyum z dziedziny teoryi poznania . . .	1— 40
2.	W. Heinrich: O stałości wrażenia zaledwie spostrzegalnego przy użyciu tonów czystych	41— 48
3.	St. Opolski: Przyczynek do znajomości elektroujemnej natury rodników organicznych	49— 54
4.	L. Marchlewski i C. A. Schunck: Otrzymanie chlorofilu w stanie czystym, widmo chlorofilu i barwika zielonego, towarzyszącego mu w liściach	55— 65
5.	S. Ciechanowski: Sprawy wydzielnicze w komórkach pierwotnych gruczołaków i raków gruczołakowych wątroby (z tablicą 2-gą) . .	66— 96
6.	T. Emilewicz: O fenyliminach oksyacetofenonów	97—105
7.	E. Bandrowski: O działaniu bromonitrobenzolów na parafenylenodwuamin	106—114
8.	E. Bandrowski: O działaniu stężonego kwasu azotowego na bromobenzol	115—119
9.	B. Miklaszewski i St. Niementowski: Studyum porównawcze trzech izomernych (β)-aminofenylbenzimidazoli	120—153
10.	T. Browicz: O budowie naczyń włoskowatych krwionośnych i ich stosunku do komórek wątrobnych (z tablicą 1-szą)	154—163
11.	T. Browicz: Czy kanaliki żółciowe międzykomórkowe mają własne ścianki? (z tablicą 3-cią)	164—172
12.	St. Niementowski: O homologach alizaryny, hystazaryny i chinizaryny	173—185
13.	L. Birkenmajer: O stosunkach temperatury głębokich jezior tatrzańskich w różnych głębokościach i różnych porach roku (z 16 rycinami w tekście)	186—411

Digitized by Google

Digitized by Google

Krytyczny przegląd dotychczasowych badań nad wrażeniami barwnemi.

Studyum z dziedziny teoryi poznania.

Przez

W. Heinricha.

Wniesiono na posiedzeniu Wydz. mat.-przyr. d. 8. stycznia 1900; ref. czł. Cybulski.

I.

1. Prace krytyczne o pojęciach i metodach fizycznych obaliły wiekami uświęcone twierdzenie, jakoby mechaniczne przedstawienie zjawisk wszechświata mogło tłómaczyć ich istotę. Wykazały one, że taka próba tłómaczenia jest tylko jedną z wielu możliwych.

Ten zwrot w ocenie wartości mechanicznego poglądu na świat wskazał nowe badania teoryi poznania.

Dopóki nauka wierzyła w możność poznania istoty zjawisk niezależnie od form ich chwilowego przejawienia się, tak długo teorya poznania musiała pytać, jakie są cechy znamienne objawów istotnych, w rozróżnieniu od przygodnych, jakie warunki dają pewność, że zostały poznane? Odpowiedzi na te pytania gruntowały się na poglądzie, że istotnemi są zmiany ilościowo-mechaniczne, przygodnem zaś jest jakościowe, subjektywne spostrzeganie bezjakościowych objawów.

W duchu takiego poglądu powiada Wundt, że mierząc stopień objektywnej pewności tą miarą, jaką daje badanie naukowe, za objektywne należy uznać te fakty, które po wszechstronnem sprostowaniu spostrzeżeń nie mogą być usunięte [1]). Objektywnie więc pewnem będzie, że długość fali promieni pewnego miejsca widma określa własność

[1]) Logika t. I. str. 433.

Digitized by Google

istotną pomimo, że możemy je widzieć w różnej barwie. Barwa bowiem jest to subjektywne i zmienne odczucie objektywnego zjawiska.

W tym też duchu formułowało się najogólniejsze zadanie badań wszechświata. Jakościową różnorodność uznano jako subjektywne ujawnianie się bezjakościowych zmian jednorodnego substratu, zadaniem zaś wiedzy było nadać takie ukształtowanie naukowe założeniom odnoszącym się do owego substratu, aby mogły one tłómaczyć przyczynowe związki między zjawiskami [1]).

2. Zredukowanie znaczenia mechanicznego pojmowania zjawisk do jednej z wielu dopuszczalnych form ich przedstawienia — zmusiło do postawienia innych pytań.

Poprzednio chcąc poznać świat, starano się określić substancye, które go tworzą. Obecnie należy przedewszystkiem poznać stosunek metod naukowego badania do zjawisk.

Poprzednio cel naukowych badań dawała forma pojmowania zjawisk: należało znaleźć mechaniczny obraz odpowiadający wszystkim zjawiskom. Teraz należy rozstrzygnąć pytanie, jakie własności posiadać muszą metody badania i przedstawiania zjawisk, jakim warunkom muszą one odpowiadać, aby mogły być uważane za naukowe, należy nakoniec zbadać czy można przedstawić te same zjawiska w wieloraki, jednakowo ścisły i naukowy sposób.

Pytania te są zadaniem współczesnej teoryi poznania.

Odpowiedzi na nie najjaśniej formułuje w swych pracach krytycznych Mach. Celem metod jest według niego możliwie proste i dokładne przedstawienie zjawisk. Naukowe, metodyczne przedstawienie faktów pewnego działu badań — czytamy w jednem miejscu — różni się tem od przedstawienia przypadkowego i nieuporządkowanego, że jest ono oszczędniejsze, ekonomiczniejsze. „Metody, za pomocą których nabytą zostaje wiedza, są — mówi Mach — natury ekonomicznej“. Z ich pomocą otrzymujemy obraz świata. „Aby stanąć w jakimkolwiek stosunku do świata, koniecznym jest jego obraz, zajmujemy się nauką, aby obraz ten otrzymać w sposób ekonomiczny“ [2])!

Analogiczne sformułowania znajdujemy u całego szeregu innych fizyków i filozofów opierających się przeważnie na pracach Macha. Wynika z nich, że jednakowo krótkie, jednakowo ekonomiczne sposoby przedstawienia posiadają — *caeteris paribus* — jednakową wartość naukową. Mówią one, że można używać dowolnych form przedstawienia, byleby one były ekonomiczne, byle dawały możliwie prosty obraz

[1]) Logika t. I str. 618.

[2]) Principien der Wärmelehre. Leipzig 1896.

Digitized by Google

zjawisk. Zjawiskami są elementy — czucia. One stanowią jaźń indywidualną, one tworzą wszechświat [1]).

3. W pracach moich wielokrotnie zaznaczałem poglądy różne od poglądów Macha i jego następców. Uznając najzupełniejszą słuszność wyników krytyki, starałem się otrzymać odpowiedzi na pytanie, czy istotnie możliwa jest wieloraka forma przedstawiania zjawisk i czy za cel wiedzy należy uważać możliwie najekonomiczniejsze ich przedstawienie.

Postulat ekonomii myślenia jako reguła teoretyczno-rozpoznawcza już *a priori* nasuwał mi wiele wątpliwości, opartych na następującem rozumowaniu. Jeżeli przedstawienie różnorodności zjawiskowej ma odtwarzać ją zupełnie, to obraz nie może być mniej różnorodnym od zjawisk, a więc nie będzie prostszy. Prostota więc obrazu musi iść w parze z jego niedokładnością.

Twierdzenie to starałem się sprawdzić na przykładzie rozwoju metod i pojęć mechaniki [2]). Wykazywałem tam jak pierwotne uogólnienia, otrzymane podczas badania zjawisk stosunkowo prostych, i jak pierwotne metody ich badania, rozszerzone na coraz to szersze grupy, stają się powodem dążenia do odtworzenia wszystkich zjawisk za pomocą pierwotnie prostych założeń. Uogólnienie to okazuje się jednak niewykonalne. Sposób badania pewnych tylko zjawisk musi być z natury rzeczy niewystarczający do badania całej ich rozmaitości, pojęcia zaś będące uogólnieniem pewnych tylko własności nie mogą wyrazić wszystkich.

Dlatego też próby odtwarzania całej różnorodności zjawisk za pomocą kilku najogólniejszych pojęć muszą doprowadzić ostatecznie do niepowodzenia. Usuwa je przytem sam rozwój badań. Okazuje się rzeczą konieczną rozszerzenie pierwotnie ciasnych pojęć i uzupełnienie pierwotnie jednostronnych metod. Rozwój badań zmusza także do usuwania niepotrzebnych założeń i zbytecznych interpretacyj.

Zarówno metody jak i interpretacye wykazują w rozwoju tym pewien określony kierunek. Jest nim coraz większe zbliżenie się do opisywania bezpośrednio danej różnorodności zjawisk. Pojęcia tylko wówczas okazują się należycie ścisłe, jeżeli są uogólnieniem bezpośrednio danych cech przedmiotów lub zjawisk, interpretacya badań o tyle jest bez zarzutu, o ile nie przestaje być opisową.

4. Przy takiem określeniu teoretyczno-rozpoznawczych postulatów wiedzy pierwszorzędnem staje się pytanie: co jest przedmiotem opisania.

---

[1]) Mach, Beiträge zur Analyse der Empfindungen. Jena 1886.

[2]) O stosunku pojęć i zasad fizycznych do filozofii, *Przegląd filozoficzny* t. II.

Digitized by Google

Na pytanie to dałem odpowiedź: przedmiotem badań nauk przyrodniczych nie są związki elementów-czuć, jak tego chce Mach, lecz otaczający nas świat, pojęty naiwnie jako realny i jakościowo różnorodny.

Przeciwko twierdzeniu temu zdają się jednak przemawiać wyniki badań nad wrażeniami zmysłowemi wogóle, nad wrażeniami wzroku w szczególności. Badania te, a raczej interpretacya otrzymanych rezultatów zdaje się na każdym kroku wskazywać, że spostrzeganie świata jest tylko przejawem subjektywnym, różnym nietylko u różnych osobników, lecz innym u tego samego osobnika w rozmaitym czasie.

Jasnem jest, że gdyby tak było istotnie, to wszyskie wnioski oparte na naiwnie realnem traktowaniu zjawisk byłyby błędne.

Tak jednak nie jest.

Badania wrażeń zmysłowych nie usuwają faktycznie w niczem słuszności naiwnie realnego poglądu na świat, a metody badań, ich rozwój i zmiany wykazują też same ogólne cechy, które zaznaczyłem poprzednio, rozpatrując rozwój metod i pojęć mechaniki.

Niniejsza praca ma na celu zbadanie metod i założeń fizyologicznej optyki.

Wszelkie teoretyczno-rozpoznawcze prawa, o ile mają być rzeczywiście słuszne, o ile mają być prawami myślenia ludzkiego, muszą się na faktach myślenia opierać. Faktami takimi są teorye naukowe w ich następczym rozwoju. One stanowią materyał pozwalający na wnioski pewniejsze i ściślejsze od tych, jakie można otrzymać spekulatywnie, opierając się na psychologicznych lub logicznych założeniach.

II.

5. Różnorodną mnogość barw, jakie znajdujemy w otaczającym nas świecie, możemy oznaczać w wieloraki sposób.

Pierwszy z nich, najprostszy, jest oznaczenie nazwami. Barwy wybitne, najczęściej się powtarzające otrzymują nazwy własne, inne mniej częste, podobne do nich określone zostają przez podobieństwo.

Nieścisłość tego sposobu oznaczania jest uderzająca. Liczenie barw pozwoliło odróżnić w jednem widmie kilka tysięcy różnych ich odmian, mowa określa najwyżej kilkanaście.

Badanie ścisłe musiało też szukać innych sposobów oznaczania barw.

Jeżeli za przykładem Newtona przepuścimy światło słoneczne przez pryzmat, to rozszczepia on światło białe na smugę barwną,

Digitized by Google

w której położenie każdej barwy jest ściśle określone w stosunku do promienia padającego.

Opierając się na peryodyczności niektórych zjawisk świetlnych fizyka uwidacznia tę peryodyczność za pomocą ruchu falistego, a posługując się znanemi założeniami oznacza pewną długość fali każdego miejsca w pasku barwnym widma. Oznaczenie to charakteryzuje ściśle każde miejsce danego widma, stałość zaś niektórych łatwo poznawalnych miejsc (linii Frauenhofer'a), pozwala na jednoznaczne i pewne określenie miejsca w smudze widma, pozwala na określenie miejsca, a nie na określenie barwy.

Przypuśćmy bowiem, że otrzymaliśmy widmo barwne, używając pewnego źródła światła i pewnej szerokości szpary spektroskopu. Dość będzie zmienić źródło światła, lub zwęzić albo rozszerzyć szparę spektroskopu, aby otrzymać inną barwę w tem samem miejscu, lub otrzymać widmo zupełnie bezbarwne. Pomimo to promienie pewnego miejsca pozwolą wyznaczyć takąsamą długość fali jak i poprzednio. Tę zależność od źródła światła lub szerokości szpary spektroskopu możemy określić jednem mianem „natężenie".

Otrzymamy wówczas w danem widmie zmiany barw zależne od natężenia. Do określenia więc barwy musimy znać „natężenie" źródła światła i długości fali, czyli miejsce w widmie.

Badanie ściśle wskazuje dalej, że konieczne jest ustalenie warunków, w jakich obserwuje się barwy. Przy danem natężeniu źródła i danem widmie barwy widma będą inne, jeżeli n. p. oko badane patrzyło poprzednio na jakąkolwiek barwę jednorodną, lub na barwę białą.

Z trzech tych warunków, od oznaczenia których zależy dokładne określenie barwy, dwa pierwsze należą do rodzaju fizycznych. Trzeci jest uważany za warunek natury fizyologicznej.

Ustalenie dwóch z nich umożliwia badanie zmiany barwy w zależności od trzeciego.

Badania te możemy przeprowadzić niezależnie od wszelkich teoryi, tak fizycznych jak i fizyologicznych, posługując się jedynie faktycznem przedstawieniem rezultatów.

6. Jeżeli na krążku wirownicy umieściliśmy wycinki różnobarwnych papierów, lub z danego widma, w określonych warunkach badania, rzuciliśmy promienie różnych barw w różnych ilościach na wspólne miejsce, otrzymamy wówczas barwę nową, o której mówimy, że powstała z pomieszania dwóch barw różnych jakości i w różnych ilościach.

Digitized by Google

Dla określenia więc barwy powstałej z pomieszania trzeba znać jakość barwy użytej, co możliwe jest za pomocą widma, i ilość. Ta ostatnia określi się ilością stopni papieru na krążku lub będzie identyczna z określeniem „natężenia", o jakiem mówiliśmy poprzednio.

Mieszanie barw będzie więc nową formą określenia barw. O granicach jej stosowania decyduje pytanie: czy można otrzymać za pomocą kilku barw całą ich rozmaitość i jaka najmniejsza ilość barw da przez łączenie ich w różnorodnych stosunkach największą ilość barw znanych.

Rezultaty badań na tem polu wykazały:

a) Że każda barwa ma barwę dopełniającą, t. j. taką, która domieszana w pewnym stosunku do barwy danej tworzy z nią barwę białą. W widmie każdej barwie jednej połowy widma odpowiadać będzie barwa drugiej jego połowy, przyczem ogólnie dla każdego oka i każdego widma otrzymamy inne barwy dopełniające.

b) Że zmieszanie dwóch barw leżących w widmie bliżej, aniżeli barwy dopełniające, daje barwę zbliżoną do jednej z leżących pomiędzy barwami mieszanemi. Wypadkowa rzeczywista będzie jednak prawie zawsze bledsza, aniżeli zbliżona do niej barwa widma. Nasycenie barwy wypadkowej będzie tem większe, im bliżej siebie leżą barwy nieznane.

c) Zmieszanie dwóch barw leżących dalej, aniżeli barwy dopełniające, daje barwę purpurową, lub barwy leżące pomiędzy jedną z barw mieszanych a odpowiednio bliższym końcem widma. W tym przypadku nasycenie jest tem większe, im dalej od siebie są położone barwy.

d) Niema takich trzech barw w widmie, które dałyby przez zmieszanie wszystkie barwy widma. Barwy wypadkowe są zawsze bielsze od barw widma.

Jako prawa mieszania otrzymano następujące reguły: α) Jeżeli do dwóch barw wchodzących w skład barwy mieszanej jeden ze składników stale się zmienia, to zmienia się także stale i barwa wypadkowa. β) Jednakowe barwy dają po zmieszaniu w jednakowych ilościach jednakowe wypadkowe [1]).

[1]) Do niedawna jeszcze jako zasadniczy pewnik uważano twierdzenie, że jednakowo wyglądające, chociaż różnorodnie złożone barwy — pozostają jednakowe niezależnie od zmian natężenia lub zmian, jakim podległ organ wzroku, jeżeli tylko zmiany te tyczyły się w jednakowym stopniu obydwóch barw wypadkowych. Twierdzenie to, będące fundamentem, na którym musiały się opierać obiedwie teorye, tak Helmholtza jak i Heringa, okazało się błędne. Szczegóły w dalszym ciągu pracy.

Digitized by Google

7. Dotychczas nakreśliliśmy tylko stan faktyczny, oddzielając odeń wszystko, co byłoby interpretacyą faktów. Aby przejść od niego do teoryi optyki fizyologicznej, trzeba koniecznie przyjąć pewne założenia filozoficzne, które jako dane przyjęli Young, Maxwell, Helmholtz, Hering i inni.

Założenia te tyczą się istoty zjawisk barwnych. Ruch falisty pewnego ośrodka jest według tych założeń jedynie realnem zjawiskiem zachodzącem w objawach świetlnych; barwy są reakcyą świadomości na działania fal eteru. Fala i jej natężenie to jedyne realne własności barwy, charakteryzujące ją w zupełności. „Używając niezłożonego, dobrze oczyszczonego widma, jest się pewnym — powiada Helmholtz — że światło jednakowej długości fali jednakową posiada jakość. Jakość więc jest dokładnie określona daną długością fali". Twierdzenie to jest oczywiście nieścisłe i sam Helmholtz przytacza dość przykładów stwierdzających brak jego ścisłości. Jest ono tylko rezultatem pewnego poglądu na zjawiska świetlne.

W związku z nim rezultaty mieszania barw także przyjmują inne znaczenie. Promienie zmieszane dadzą się fizycznie ponownie rozdzielić, możemy więc mówić, że podczas mieszania nie zatraciły one swej niezależności. Pomimo tego dają one po złączeniu nowe wrażenie. Przyjmując, że wrażenie to jest subjektywne, mówi się, że fizyczne własności promieni przed i po zmieszaniu pozostały bez zmiany, zmieniło się tylko odczucie. Badania pokazały, że można z nieznacznej ilości barw otrzymać przez mieszanie znaczną ilość barw pochodnych. Maxwell znalazł, że z pewną dokładnością wystarczą trzy barwy widma, aby otrzymać wszystkie inne. W nowej interpretacyi — trzy elementarne czucia, łącząc się w różnorodnych stosunkach, dają przez syntezę nowe czucia.

Pozostało jeszcze tylko utworzyć pomost pomiędzy promieniem zewnętrznym a czuciem. Ten, według zapatrywań Younga i Maxwella, tworzył się w ten sposób, że każda barwa posiadała możność pobudzania czuć elementarnych w świadomości. Te powstając w różnych natężeniach dawały w syntezie czucie wypadkowe. „Istnieje pewna określona ilość czuć — pisze Maxwell — nieskończenie zmiennych co do stopnia natężenia, które są pobudzane przez różnorodne promienie światła. Czucie złożone jako rezultat pobudzenia jest przedmiotem świadomości, jest prostym aktem widzenia".

Pytania, w jaki sposób odbywa się synteza czuć, nie postawiono wcale. Helmholtz zatrzymał się wprawdzie nad zagadnieniem, dlaczego w czuciu wypadkowem nie możemy wyróżnić dowolnie składowych, lecz zadowolił się taką odpowiedzią: „Niema przyczyny —

Digitized by Google

mówi on — któraby kazała przyjąć, że możemy rozdzielać czucia bezpośrednim aktem świadomości, aby je potem rozróżniać jako elementy. Z reguły uwagę naszą zwracamy na takie tylko zmiany, które stale stoją w związku z pewnemi objektywnemi zmianami czuć, przywiązanemi do pewnych objektywnych stosunków otaczającej przyrody. Głównym celem uwagi naszej w zastosowaniu do barw jest dokładne określenie barwy. Tutaj dochodzimy też do znacznej wprawy".

8. Maxwell mówi tylko o działaniu światła na świadomość, stąd też jego pogląd nie jest jeszcze fizyologiczny. Robi go takim dopiero Helmholtz, przyjmując trzy różne rodzaje włókien odpowiadające trzem elementarnym czuciom. Opierając się na J. Müllerze i Natansonie przypisuje on każdemu z nich możność reagowania we właściwy tylko sposób odpowiadający czuciu elementarnemu, a różnym promieniom możność różnego pobudzenia każdej z energii właściwych.

Skoro badania dokładniejsze wykazały, że niema takich trzech barw, któreby dawały w rezultacie wszystkie barwy widma, wówczas okazało się koniecznem przyjąć istnienie trzech czuć, które byłyby bardziej „nasycone", aniżeli czucia reprezentujące barwy widma.

W ostatecznym więc rezultacie pozostał następujący związek.

Istnieją trzy elementarne procesy nerwowe *C, Z, F*, z których każdy jest pobudzany w sobie właściwy sposób przez promienie świetlne, zależnie jednak od jakości promienia w różnem natężeniu. Promienie o długich falach pobudzałyby najsilniej proces odpowiadający czuciu barwy czerwonej *C*, w słabszym zaś stopniu dwa pozostałe procesy *Z* i *F*; promienie z części widma o barwie zielonej pobudzałyby najbardziej proces elementarny, odpowiadający czuciu barwy zielonej *Z*, słabiej pozostałe i t. d.

Z trzech czuć elementarnych *C*, *Z*, *F*, powstaje, jako wynik syntezy, każda inna barwa *L* dająca się przedstawić w formie równania mieszania $L = \alpha C + \beta Z + \gamma F$, gdzie α, β, γ byłyby natężeniami czuć elementarnych proporcyalnemi do natężeń pobudzeń.

9. Założenia i metody zaznaczonej teoryi nie potrzebują bliższych wyjaśnień. Powstała ona pod wpływem poglądu, że przejawy mechaniczne są jedynie realnemi zjawiskami wszechświata, a zadaniem jej miało być wytłómaczenie różnorodności barw przez odtworzenie ich za pomocą trzech elementarnych czuć, którym odpowiadają trzy elementarne pobudzenia.

Wpływ poglądu mechanicznego wycisnął u Helmholtza swe piętno na wszystkich jego rozumowaniach. Przyjmując, że mechani-

Digitized by Google

czne przedstawienie wszechświata wyraża jego realne własności, musiał on w dalszej konsekwencyi przyjąć niezmienność zjawisk tam, gdzie niezmiennymi były tylko pewne mechaniczne symbole. Dlatego przyjmował on, iż barwę określa długość fali, dlatego zmuszonym był uciekać się do „błędnego wniosku", "złudzenia psychicznego" i t. d., w zjawiskach kontrastu, gdzie mechaniczny symbol pozostawał niezmiennym, chociaż zmieniało się zjawisko.

Łatwiej mu było przyjąć, że łudzimy się, gdy szary pasek zmienia swą barwę w zależności od tła, aniżeli przypuścić, że jest to fakt posiadający tąż samą wartość rzeczową, co i wygląd szary paska.

10. W przeciwstawieniu z poglądem Helmholtza rozwinął się drugi pogląd dominujący w fizyologicznej optyce, teorya Heringa. Różniła się ona od pierwszej nietylko formą wyjaśniania szczegółów, lecz — pierwotnie przynajmniej — całością zasadniczych założeń.

Helmholtz i Hering uważali jednakowo czucia za subjektywne w przeciwstawieniu do objektywnych, bezjakościowych, fizycznych zmian. Kiedy jednak dla Helmholtza punktem wyjścia był świat fizyczny, Hering rozpoczynał od badań zjawisk subjektywnych, szukając dla nich równoważnika fizyologicznego. Wskutek tego dla Heringa nie było złudzeń, a były zjawiska subjektywne, wymagające tłómaczenia fizyologicznego. „W przeciwieństwie do kierunku spirytualistycznego, który zadawala się objaśnieniem zjawisk czuć zmysłowych, własnościami ducha ludzkiego, gdy te nie dadzą się objaśnić fizyologicznie, starałem się stanąć na stanowisku fizyologicznem, rozpatrując zjawisko świadomości jako warunkowane i mierzone procesami organicznymi, objaśniając związki i przebieg pierwszych — ze związku i przebiegu drugich, o ile to w dzisiejszym stanie wiedzy jest możliwem" [1]).

Różnica tych stanowisk uwydatnia się w określeniu zmiennych, od których zależy czucie. U Helmholtza czucie wyrażające własności promieni fizycznych określało się przedewszystkiem cechami fizycznemi, długością fali i natężeniem.

Ponieważ jednak w ten sposób nie można było określić wszystkich zmian czuć, musiał więc Helmholtz i jego szkoła dla utrzymania trzeciej zmiennej zapożyczyć ją z drugiej formy rozpatrywania barw, z mieszania barwy nasyconej z barwą białą.

---

[1]) E. Hering, Zur Lehre vom Lichtsinne. Odbitka z rozpraw Akad. wiedeńskiej, II. wyd., Wiedeń 1878, str. 2.

Digitized by Google

W tym też duchu powtarza za Helmholtzem v. Kries[1]), że do określenia czucia wystarcza określenie: *a*) długości fali światła barwnego; *b*) stosunek światła barwnego nasyconego do światła białego; *c*) natężenie. Możemy więc powiedzieć, że według niego wystarcza określenie: *a*) barwy, *b*) nasycenia i *c*) natężenia.

Błędność tej klasyfikacyi jest widoczna[2]).

Długość fali nie określa barwy; albowiem do jej określenia potrzeba podać natężenie źródła światła i warunki patrzenia. Obok tego nasycenie barwy nie jest niezależnem od natężenia.

11. W myśl swoich założeń stara się Hering oprzeć klasyfikacyę tylko na analizie czuć, posługując się przytem następującem rozumowaniem.

„Każde czucie wzrokowe — powiada on — występuje wprawdzie pierwotnie jako coś jednolitego w świadomości, pozwala się ono jednak mniej lub więcej wyraźnie rozłożyć na pierwotne elementy i rozpatrywać jako czucie wypadkowe, jako rezultat łączenia prostych czuć“[3]).

Różnica pomiędzy tą formą rozpatrywania a formą Helmholtza, opartą na wynikach mieszania barw, jest jasną. U Heringa elementarnemi będą takie czucia, które bezpośrednio wydają się być niezłożone, u Helmholtza zaś te, które pozwolą przez syntezę dać największą ilość, ewentualnie wszystkie barwy nasycone. U Heringa czucia elementarne muszą być widziane w mieszaninie barw, pomimo że nie mogą być z niej samoistnie wyodrębnione. Stąd czucie barwy niebieskiej jest u Heringa czuciem elementarnem, czucie zaś barwy fijołkowej niem nie jest, a składa się z połączenia czuć barwy niebieskiej i czerwonej, pomimo, że zmieszanie barwy niebieskiej i czerwonej nie daje barwy fijołkowej.

W rezultacie znajduje Hering, że czuciami elementarnemi są czucia barwy białej, czarnej; czerwonej, zielonej; żółtej i niebieskiej. Czucia te są jednak różne od odpowiednich czuć barw widmowych. Są bardziej nasycone. Ich łączenie się daje różne odcienia barwne.

Odcienia te wykazują jednak możność pewnych tylko połączeń, czucia czerwone i zielone, niebieskie i żółte, czarne i białe, nie występują współcześnie, są czuciami antagonistycznemi.

---

[1]) v. Kries, Die Gesichtsempfindungen und ihre Analyse. Archiv. Du Bois-Reymonda, rok 1882, tom dodatkowy.

[2]) Por. między innymi Hering, Ueber Newtonsgesetz der Farbenmischung, Prag 1887.

[3]) Zur Erklärung der Farbenblindheit aus der Theorie der Gegenfarben, Lotos, tom I, 1880, St. 75.

Digitized by Google

Dla wszystkich czuć Hering przyjmuje trzy substancye psychofizyczne. Nazwijmy je w skróceniu substancyą „czarno-białą“, „czerwono-zieloną“ i „żółto-niebieską“. Dysymilacyi lub asymilacyi jednej z tych substancyi odpowiada elementarne czucie. Pobudzenie kilku daje czucie barwy odpowiadającej połączeniom czuć elementarnych. Wszystkie czucia barw widmowych są czuciami złożonemi. Promienie widma pobudzają kilka substancyi jednocześnie w różnym stopniu. Stopień pobudzenia pewnej substancyi to pewna „wartość“, jaką posiada promień. Wszystkie promienie posiadają „wartość białą“, t. j. działają dysymilująco na czarno-białą substancyę. Początkowe promienie widma posiadają „wartość żółtą“, oprócz tego promienie aż do barwy żółtej posiadają „wartość czerwoną“, od żółtej do zielonej„ wartość zieloną“. Promienie barwy zielonej posiadają wartość zieloną i białą. Wszystkie promienie do końca widma wartość niebieską, przyczem promienie aż do barwy niebieskiej wartość zieloną, promienie od barwy niebieskiej aż do końca widma wartość czerwoną.

Każda z par antagonistycznych działając na tęż samą substancyę pobudza ją do asymilacyi i dysymilacyi, wskutek tego działania te całkowicie lub częściowo się znoszą, a pozostaje działanie na substancyę „biało-czarną“. Barwy przeciwne równowartościowe są takie, w których asymilacya i dysymilacya pewnej substancyi zrównoważa się, t. j. znosi się, a powstaje tylko działanie na substancyę czarno-białą; są to barwy dopełniające w terminologii fizycznej.

12. Przystosowując w powyższy sposób działalność przyjętych substancyi psychofizycznych do własności czuć, pominął Hering jedną sprzeczność: stanowi ją zupełnie inny rodzaj związku pomiędzy działalnością substancyi czarno-białej i odpowiedniemi czuciami, a resztą substancyi oraz odpowiadającemi im czuciami.

Weźmy dla przykładu działanie substancyi „czerwono-zielonej“. Promienie pobudzając asymilacyę lub dysymilacyę tej substancyi powodują czucia czerwone lub zielone. Pomieszanie barw czerwonej i zielonej daje barwę jedną lub drugą w różnych nasyceniach odpowiednio do tego, czy jednoczesne pobudzenie asymilacyi i dysymilacyi daje w rezultacie albo nadwyżkę jednego z tych procesów, albo stan neutralny, obok działania promieni na substancye inne, jak np. czarno-białą. W ogólnym więc wyniku substancya albo asymiluje albo dysymiluje, albo jest w równowadze, a czucie jest albo czuciem barwy czerwonej, albo czuciem barwy zielonej, lub ani jednem ani drugiem.

Zupełnie inaczej reaguje substancya biało-czarna. Tutaj całej skali przejść pomiędzy asymilacyą a dysymilacyą odpowiada cała

Digitized by Google

skala barw przejściowych pomiędzy białą i czarną. Średnią szarością nazywa sam Hering barwę, której stosunek asymilacyi do dysymilacyi jest równy jedności. Nazywa on każdą barwę szarą jaśniejszą im większą jest dysymilacya, ciemniejszą im większa asymilacya. Tam więc, gdzie substancye psychofizyczne odpowiadające barwom nie dają żadnego czucia, substancya czarno-biała daje czucie barwy szarej. Tam, gdzie one dają czucie jednej tylko barwy, ta daje całą skalę czuć barw szarych.

Różnica taka [1]) stałaby się trudnością zasadniczą, gdyby przyjęte substancye były czemś innem jak fizyologicznymi obrazami bez realnej wartości. W ostatnim nawet razie nie jest ona do pominięcia, gdyż wskazuje, jak trudno jest, symbolizując zjawiska i przyjmując pewne założenia, dojść do symbolów i obrazów bez zarzutu.

13. Pomimo różnorodności założeń teorye Helmholtza i Heringa są jednak metodologicznie podobne, bo każda z nich stara się odtworzyć za pomocą pewnych założeń różnorodność widzianych barw. Ta metodologiczna jednorodność zakreśla jednakowy sposób badań i zaciera różnicę, jaka leżała w założeniach.

Pierwotnie Helmholtz, a raczej jego poprzednicy badając mieszanie barw, szukali trzech takich, które dawałyby wszystkie barwy widma. Doświadczenia mniej ścisłe pozwalały je określić, przyczem określenie musiało być fizyczne. Skoro później, dla uratowania teoryi, okazało się konieczne przyjąć, że istnieją tylko trzy czucia subjektywne, różne od barw znanych, wówczas określenie ich stawało się niemożliwe, wraz z tem możliwą klasyfikacya oparta na zasadach Heringa, t. j. klasyfikacya czuć złożonych według zmian czuć elementarnych, bez uciekania się do wyznaczników fizycznych. Jest to zresztą możliwe tylko teoretycznie, a nie praktycznie. Praktycznie czucia elementarne zarówno u Helmholtza jak i Heringa, nie dadzą się oznaczyć, należało więc uciekać się zawsze do określania barw za pomocą widma, a więc za pomocą zmiennych fizycznych.

Teoretycznie stawiane pytanie brzmiało: w jakim stosunku łączą się czucia elementarne w odczutych barwach.

W pytaniu tem z trzech zmiennych określających barwę, źródło światła, położenia w widmie, warunków, jakie poprzedzały patrzenie,

---

[1]) Zwrócił na nią uwagę Preyer (Archiv Pflügera, tom 35), później nie poruszano zupełnie trudności, jaka z nią jest związana, pomimo iż w czasach gdy wierzono w możliwość istnienia substancyi Heringa, trudność ta była nie do usunięcia.

Digitized by Google

dwa pierwsze usunięte zostały na plan drugorzędny, grając rolę pomocniczą przy określeniu fizycznych własności bezjakościowego promienia. Cała zmienność barw stała się czuciami osoby patrzącej, związanemi tylko z procesami psychofizycznymi elementarnymi.

14. W ramach tych zaczęła się walka teoryi prowadząca do coraz bardziej szczegółowych i wszechstronnych badań.

Przedewszystkiem należało rozstrzygnąć pytanie, czy możliwym jest współudział „psychy“ w łączeniu czuć, innemi słowy, czy możliwem jest czucie, któremu nie odpowiadały stany fizyologiczne.

Niemożliwość tego współudziału w poglądzie Heringa istniała *a priori*, jego konieczność wynikała z mechanicznego poglądu na świat Helmholtza.

Pytanie to rozstrzygnął Hering przez szereg badań [1]), które do dziś jeszcze są jedynemi i klasycznemi; wykazał on, że tłómaczenie zjawisk kontrastu za pomocą złudzenia, złej oceny i t. d. nie jest możliwe. Decydujące było doświadczenie pozwalające porównywać zjawiska tłómaczone przez Helmholtza jako złudzenie z rzeczywistością, wobec czego wszelka możliwość złudzenia została wykluczona.

W celu wytłómaczenia wyników doświadczeń przyjął Hering, że pobudzenie pewnego miejsca siatkówki wpływa na jego otoczenie. Odbywa się tam proces antagonistyczny do tego, jaki się dzieje w części pobudzonej.

Uzupełnienie takie (w razie biologicznej ważności) nie sprzeciwia się teoryi Helmholtza. Zmusza ono ją jednak do modyfikacyi. Ponieważ nie można przyjąć oddziaływania nerwu na nerw, należało więc zgodniej zresztą z późniejszemi badaniami nad anatomią i fizyologią siatkówki przyjąć istnienie substancyi pobudliwych, które przez rozkład lub inne zmiany składu pobudzałyby nerw. Nie zmieniło to przedstawienia różnorodności barw jako funkcyi trzech czuć, stanęło jednak w sprzeczności z zasadą energii właściwej [2]).

15. Pomińmy trudności, jakie powstają z chwilą, skoro będziemy poszukiwać objawów fizyologicznych dla hypotetycznych czuć.

---

[1]) Hering, Zur Lehre vom Lichtssinne, rozdział I—IV następnie w temże: Ueber die Theorie des simultanen Contrastes vom Helmholtz. Pflügers Archiv, tom 40, 41, 43. Później zjawiska kontrastu były podejmowane wielokrotnie.

[2]) W teoryi Helmholtza jest to sprzeczność zasadnicza. W myśl teoryi energii właściwej umysłów, na której opierała się cała „fizyologiczność“ optyki, powinien był każdy nerw, pobudzony dowolną podnietą, reagować w jeden tylko sposób, a rodzaj reakcyi miał określać czucia. Jeżeli pomiędzy podnietę a nerw weszła siatkówka reagująca fotochemicznie, wówczas konieczne było przyjąć, że rozkład fotochemiczny siatkówki przyjmuje te funkcye, jakie miały być wyjaśnione za pomocą

Digitized by Google

Stańmy na stanowisku, jakie przyjmują teorye, zakładając, że barwy widziane są syntezą pewnych czuć. Powstaje wówczas pytanie, o ile przypuszczenie takie może nam pomódz w zrozumieniu zjawisk. Pytanie więc, czy możemy za pomocą zmiany w ustosunkowaniu elementarnych czuć i odpowiadających im procesów fizyologicznych odtworzyć różnorodność widzianych barw i ich zmian.

Dla odpowiedzenia na nie będziemy, idąc w myśl każdej z teoryi, pytać o zmiany w przypuszczalnych procesach fizyologicznych, porównywając je ze zmianami jakościowemi barw widzianych, uważanych przez obiedwie z teoryi jako subjektywne czucia, odpowiadające owym zmianom.

Zauważymy tutaj przedewszystkiem jeden zasadniczy objaw. Rezultaty badania dają się tem łatwiej objaśnić jedną lub drugą, lub obydwiema teoryami im mniej będą one ścisłe i ilościowo określone. Trudności wyjaśnienia faktów za pomocą teoryi wzrastają, gdy wzrasta scisłość badania. Zrozumieć to łatwo. Należy tylko uprzytomnić sobie, że jakościowe przedstawienie zjawisk jest zawsze schematyczne i że dopiero badania ilościowe wnikają w szczegóły. Rezultaty schematyczne łatwiej też uogólniają się w obraz, łatwiej symbolizują i wyrażają w skróconej formie.

16. Aż do ostatniej prawie doby spostrzeżenia nad tak zwanymi objawami znużenia zostały jakościowemi.

Ogólnie oko jest znużone wówczas, gdy działały nań przez pewien czas promienie światła. Fizyologicznie należy przyjąć, że działanie to wpływa na zmniejszenie pobudliwości w stopniu zależnym od natężenia i trwałości pobudzenia. Skutkiem tego zmniejsza się także natężenie odpowiedniego czucia. Rodzaj zmienności zależałby od interpretacyi prawa Fechnera.

Według Helmholtza więc, gdy na oko nasze zaczęły działać promienie pobudzające silnie proces elementarny *C*, mało zaś procesy *Z* i *F*, to nastąpiło silne zmniejszenie pobudliwości procesu *C*.

Każde więc ustosunkowanie pobudzenia trzech elementarnych procesów w oku niezmęczonem, musi zmienić się w oku zmęczonem w ten sposób, że stopień pobudzenia procesu *C* staje się mniejszy.

Odpowiednio też zmienią się czucia barw składowych. Wszystkie więc barwy powinny stać się widziane tak, jak gdyby zmniejszono ilość czucia barwy czerwonej, wchodzącej w skład syntezy.

---

energii właściwej, a więc, że reakcya siatkówki zależną jest od jej budowy, a nie zależną od pobudzenia. Reakcya nerwu staje się wówczas zależną jedynie od rodzaju pobudzenia, przez co przyjmowanie energii właściwej staje się zbyteczne.

Digitized by Google

Według Heringa zmniejszy się w barwie złożonej ta „wartość“, która odpowiada promieniom działającym nużąco na oko.

Na podstawie dotychczasowych rezultatów mamy przykłady zgadzające się bądź to z jedną, bądź z drugą teoryą, ale wszystkie nie dadzą się wyjaśnić żadną.

Bez wartości jest przedewszystkiem próba Kriesa[1]), aby na podstawie teoretycznego rozumowania, opartego na fakcie, że barwy jednakowo wyglądające, chociaż z różnych składowych złożone, pozostają jednakowemi, jeżeli zmienia się je w jednakowy sposób. Opierając się na powyższem twierdzeniu Kries stara się rozstrzygnąć pytanie, ile musi być czuć elementarnych.

Przypuśćmy, powiada on, że A, B, C, D i t. d. są procesy elementarne, a, b, c ich pobudliwości. Dane światło działając na procesy elementarne pobudza pierwszy w stosunku α, drugi w stosunku β i t. d. Proces więc A zostaje pobudzony w stopniu $a\alpha$, proces B w stopniu $b\beta$ i t. d. Jeżeli dane są jednakowe barwy będące wypadkowemi różnorodnych składowych, to dadzą się one przedstawić jako równania trzech funkcyj.

Będziemy więc mieli:

$$\varphi(a\alpha + b\beta + c\gamma + \ldots) = \varphi(a\alpha' + b\beta' + c\gamma' + \ldots)$$
$$\chi(a\alpha + b\beta + c\gamma + \ldots) = \chi(a\alpha' + b\beta' + c\gamma' + \ldots)$$
$$\psi(a\alpha + b\beta + c\gamma + \ldots) = \psi(a\alpha' + b\beta' + c\gamma' + \ldots)$$

Równania te mają być ważne dla wszystkich wartości a, b, c, innemi słowy, mają być niezależne od zmęczenia oka.

Aby to mogło się stać, konieczne jest, aby:

$$\alpha = \alpha' \qquad \beta = \beta' \qquad \gamma = \gamma'.$$

Koniecznem więc jest istnienie tylko trzech elementarnych procesów.

Rozumowanie to było czas długi — zupełnie zresztą niesłusznie — podstawą krytyki teoryi Heringa. Nie daje ono jednak nic więcej ponad to, co się w nie wkłada. Przypuszczenie, że każda barwa da się przedstawić za pomocą trzech funkcyi, jest tylko innem wyrażaniem twierdzenia, że każde czucie jest wynikiem syntezy trzech czuć. W zasadzie byłoby więc obojętne, jakiemi są te czucia, gdyby one wogóle istniały.

---

[1]) Archiv Du Bois Reymonda. 1878 r.

Digitized by Google

Zresztą nic tak może nie charakteryzuje wartości rozumowania jak fakt, że dziś Kries broni przeciw Heringowi twierdzenia odwrotnego, że barwy jednakowo wyglądające, choć nie w jednakowy sposób powstałe, tracą podobieństwo po zmniejszeniu natężenia, a więc, że nie zależą od trzech procesów elementarnych, a Hering, uważając twierdzenie pierwotne za zasadniczą podstawę teoryi przyjmującej istnienie kilku składowych, stara się słuszność tego odwrotnego twierdzenia poddać w wątpliwość.

17. Jeżeli przejdziemy do wyników doświadczeń, to znajdziemy w nich zjawiska przemawiające tak samo za, jak i przeciw każdej teoryi. Szczególnie nieokreślone są dane jakościowe.

Jeżeli Hering podaje jako doświadczenie przemawiające przeciw teoryi Helmholtza fakt, że krążek czerwony na szarem tle, któremu przypatrujemy się czas jakiś, staje się dopełniającym, gdy zmniejszymy oświetlenie, to teorya Helmholtza może obronić się tem, że zmęczenie pewnego procesu elementarnego wpływa na zmianę progu pobudliwości, co mogłoby objaśnić zjawisko, gdyby nie to, że jednolita powierzchnia czerwona wobec takiego samego przyciemnienia nie zmienia barwy.

Fakt, że po patrzeniu na czarny krążek na białem tle, papier barwny w miejscu odpowiadającem w stosunku do oka białemu tłu, wygląda bardziej nasycony, aniżeli w miejscu odpowiadającem czarnemu krążkowi, da się objaśnić teoryą Heringa.

Ona też wyjaśnia łatwiej doświadczenia Exnera, według których, jeżeli — po wpatrywaniu się przez czas pewien na pole barwy czerwonej — spojrzymy na większe pole barwy fijołkowej, to miejsce odpowiadające barwie czerwonej będzie miało barwę niebieską i odwrotnie. Exner[1]), zwolennik teoryi Helmholtza, musiał przyjąć, że barwą elementarną jest niebieska, co nie zgadzało się znów z innymi wnioskami i wymaganiami teoryi.

Z drugiej znów strony, według teoryi Heringa, substancya czarno-biała męczy się niezależnie od substancyi pozostałych. Zmniejszenie więc wskutek zmęczenia „wartości białej“ barwy może zmieniać wygląd barw kolorowych tak, że powinny one stawać się bardziej nasyconemi.

W pracy swej o ślepocie barwnej podaje Beck[2]) doświadczenie, w którem zmęczenie barwą białą powodowane wpatrywaniem się

[1]) Archiv Pflügera, tom I.

[2]) O sztucznie wywołanej ślepocie barw. Kraków 1899.

Digitized by Google

w papier biały, oświetlony światłem słonecznem, pociągało zmianę wrażliwości na krążki barwne. Krążki czerwone wyglądają brunatno, ciemnobrunatno lub czarno, krążki zielone szaro lub czarno.

Widocznem jest, że spostrzeżenie to nie da się pogodzić z żadną teoryą, gdyż każda z nich wymaga, aby zmęczenie oka światłem białem nie wpływało na barwy. Z teoryą Helmholtza dlatego, że wszystkie procesy elementarne są zmęczone w jednakowym stopniu, z teoryą Heringa dlatego, że substancya czarno-biała jest niezależną od innych.

Jeżeli jeszcze dodamy fakt komunikowany przez Burscha[1]), że oko zmęczone pewną barwą widma nie widziało później w widmie tylko tej barwy, wszystkie zaś inne widziało bez zmiany (fakt przemawiający przeciwko każdej teoryi przyjmującej kilka tylko elementarnych procesów i odpowiadających im czuć), to będziemy mieli ważniejsze, mniej szczegółowe prace o jakościowych zmianach pod wpływem znużenia.

18. Systematyczne badania nad znużeniem przeprowadził Hess[2]) urządzając tak doświadczenie, żeby oko było nużone tylko w pewnych miejscach. Umożliwiało to następnie porównywanie bezpośrednie wyglądu barwy zmienionej przez zmęczenie z barwą widzianą normalnie. Otrzymane rezultaty uogólnia Hess w następujący sposób. Umieśćmy na końcach dwóch prostopadłych do siebie średnic koła barwy elementarne, niech przytem barwy przeciwne leżą na przeciwległych końcach tejże średnicy. Pod wpływem znużenia pewną barwą n. p. żółtą, inne zmieniają się tak, jak gdyby przesuwały się one ku barwie czerwonej lub zielonej. Po zmęczeniu barwą czerwoną zmieniają się tak, jak gdyby przesunęły się ku barwie żółtej lub niebieskiej i t. d.

Uogólnienie to jest zbyt powierzchowne i nie wyjaśnia szczegółów. Dość przyjrzeć się uważnie tylko rezultatom. Okazuje się, że znużenie pewną barwą pociąga za sobą nie tylko zanik wrażliwości na tę barwę, zmniejszenie „wartości“ tej barwy, lecz często pociąga za sobą wystąpienie barwy przeciwnej i to bez żadnej widocznej reguły. Występują też domieszki barw, których nie należało się spodziewać. Weźmy dla przykładu zmiany barwy żółtej o 575 $\mu\mu$. Według Heringa, może ona być albo czystą albo posiadać domieszkę barwy czerwonej lub zielonej, nigdy jednak obydwóch naraz, gdyż są to barwy antagonistyczne. Po zmęczeniu oka barwą czerwoną (700) barwa o 575 przyjęła odcień zielonkawy. Należy więc wnioskować, że posiadała ona pierwotnie już pewną małą „wartość zieloną“. Przez

[1]) Według Physiologisches Centralblatt, 1899, zeszyt 12, str. 309.

[2]) Hess, Ueber die Tonänderungen der Spectral-farben etc. Graefes Archiv. t. 36.

Digitized by Google

znurzenie barwą czerwoną pobudliwość procesu antagonistycznego wzrosła i barwa zmieniła się tak, jak gdyby wzrosła jej wartość zielona. Przypuściwszy to, widzimy jednak dalej, że po zmęczeniu barwą żółto-zieloną i zieloną barwa żółta zmienia się tak, jak gdyby otrzymała domieszkę czerwoną. Ta nowa zmiana byłaby zrozumiała, gdyby pierwotna barwa żółta miała domieszkę barwy czerwonej, a nie, jak wynikało poprzednio, zielonej.

Znużenie barwą pomarańczową posiadającą mniejszą „wartość" żółtą, aniżeli barwa żółta, zmienia barwę żółto-zieloną tak silnie, że ona przyjmuje odcień niebieski. Należałoby więc przypuszczać, że pod wpływem promieni żółtych nastąpiło tak silne wyczerpanie odpowiedniego procesu elementarnego, że samodzielnie wystąpił proces przeciwny i to pomimo dalszego pobudzania przez promienie żółte. Tymczasem przypuszczalne, silniejsze pobudzenie przez promienie żółte skutkiem tego nie wywołuje i barwa żółto-zielona zamienia się tylko na zieloną z odcieniem jednak żółtym.

Analogicznych przykładów możnaby więcej przytoczyć. Wynika z nich, że wywody Hessa dadzą się użyć jako podpora teoryi Heringa o tyle tylko, o ile nie zostaną ściśle określone „wartości" barw. W tych jednak granicach są one zgodne i z teoryą Helmholtza, skoro ona w najogólniejszej formie powiada, że barwa zmienia się tak, jak gdyby dodano do niej barwy dopełniającej do nużącej. Określenie to da się tak dobrze utrzymać, jak i określenie Heringa, ale tylko dotąd, dopóki ograniczymy się do ogólników nie robiąc żadnych ściślejszych założeń co do składu barwy nużącej.

19. Najdokładniejsze jak dotychczas dane tyczące się zmian, jakim ulega barwa, podaje Voeste[1]). Pokazują one, że promienie wszystkich barw do żółtej o 560 $\mu\mu$ zmieniają swą barwę stając się bardziej żółtymi, promienie o 560 $\mu\mu$ pozostają bez zmiany, promienie od 560—500 stają się także bardziej żółte, promienie zaś od 490—460 bardziej niebieskie, przyczem w skali od 496– 460 istnieje pewna ilość barw, które przy pewnem natężeniu nie zmieniają tonu.

Porównanie rezultatów tych z obydwiema teoryami znów wykazuje ich niezgodność z faktami. Według teoryi Heringa byłoby zrozumiałem dlaczego barwy bliżej czerwonego końca stają się bardziej żółte, lecz jest zupełnie niezrozumiałe dlaczego barwy około żółtej, gdzie zmęczenie barwą żółtą jest najsilniejsze, nie zmieniają się w kierunku czerwonym lub zielonym.

---

[1]) Zeitschrift für psych. und phys. der Sinnesorgane, tom XVIII.

Digitized by Google

Te rezultaty sprzeciwiają się zasadzie Helmholtza, że barwa zmienia się w kierunku dopełniającym.

20. Najściślej można zbadać wartość obydwóch teoryi na zjawiskach tak zwanej ślepoty barwnej.

Pierwotne spostrzeżenie, że „ślepy na barwę“ popełnia błędy nie rozróżniając pewnych barw, rozszerzono na badanie równań mięszania. Okazało się wówczas, że ślepy może utworzyć równania pomiędzy dwoma stałemi i z każdą z pozostałych barw widma i że równania ważne dla oka normalnego są ważne i dla ślepego.

„Ślepy na wszystkie barwy“ tworzy równania pomiędzy dowolnemi barwami widma. Doświadczenia te wskazywały, że różnorodność barwna ślepego jest inną, aniżeli różnorodność normalna. Ponieważ zaś ta ostatnia była uważana jako wynik syntezy kilku czuć, przyjęto więc, że różnorodność „ślepego“ jest formą redukcyi różnorodności normalnej przez zanik pewnych elementów.

To, że dychromaci mogą z pomocą dwóch barw (każda z jednej połowy widma), otrzymać wszystkie inne, spostrzegł już Maxwell[1]). Zauważył on następnie, że widmo dychromatów jest podzielone linią białą na dwie połowy, i że są dwa typy dychromatów różniących się ilością barwy czerwonej używanej do mieszania. Opierając się więc na teoryi Younga, Maxwell a za nim Helmholtz przyjęli, że typy te przedstawiają dwie formy redukcyi systemu trójbarwnego. Jedną z nich byliby tak zwani „ślepi na barwę czerwoną“, drudzy „ślepi na barwę zieloną“. Obok tego stawała się możliwą trzecia forma redukcyi „ślepi na barwę fiołkową“.

„Ślepi na barwę czerwoną“ powinni zatem widzieć wszystkie barwy jako rezultat syntezy czuć zielonego, fiołkowego, „ślepi na barwę zieloną“, jako rezultat syntezy czuć czerwonego i fiołkowego.

21. Zupełnie inaczej powinniby widzieć barwy „ślepi“ według Heringa[2]). Tutaj istnieje nie zanik jednego czucia, lecz zanik jednej substancyi. Ślepy na barwę czerwoną musiałby być jednocześnie ślepym na barwę zieloną. Widziałby więc jedną połowę widma żółtą, drugą niebieską. Drugi typ, ślepy na barwę żółtą i niebieską jest według Helmholtza ślepym na barwę fiołkową. Typu tego, rzadkiego bardzo, nie można było dokładnie zbadać.

22. Określenie jak ślepy barwy widzi jest w tych dwu teoryach tak zasadniczo różne, że przez jedno doświadczenie powinnoby być rozstrzygnięte. Pod tym względem jakościowym skierowane były

[1]) Wydanie zbiorowe prac, tom I.

[2]) Zur Erklärung der Farbenblindheit aus der Theorie der Gegenfarben, Lotos Bd. I. 1880.

Digitized by Google

wszystkie pierwotne badania. Za pomocą pytań starano się przekonać, jak wygląda świat ślepego na barwy, lub ślepego na barwę. Odpowiedzi otrzymane wykazały, że w bardzo znacznych granicach „ślepy na barwy" określa je tak samo, jak i normalny, i że dopiero ścisłe pomiary pozwalają przekonać się o istnieniu wady.

Jeżeli idąc za rozwojem pytań i badań rozpatrzymy otrzymywane rezultaty w stosunku do obydwóch teoryi, to pierwotnie szala skłaniała się na stronę teoryi Young-Helmholtza.

Zdawało się jasnem, że jeżeli system wrażeń normalnego widzenia da się przedstawić jako zmienność ustosunkowania trzech czuć barw, a system wrażeń ślepego na barwy, jako system ustosunkowania dwóch czuć barw, to jest on skutkiem zaniku jednego czucia elementarnego.

Pierwsze jednak próby [1]) wyprowadzenia ścisłych wniosków naprowadziły na sprzeczności. Linia graniczna bezbarwna powinnaby występować u obydwóch typów w różnych miejscach. Tymczasem, badania wielokrotne prowadzone przez szkołę Helmholtza [2]) wykazały, że pomiędzy jednym typem a drugim „ślepych" niema pod tym względem zasadniczej różnicy — położenie jej jest dla każdego indywiduum różne i u każdego w pewnych granicach zmienne.

Ujemny ten rezultat w połączeniu z wynikami badań nad tak zwaną ślepotą barwną podczas patrzenia bocznego, przeważył czasowo szalę na korzyść Heringa, którego poparły wyniki badań nad ślepotą na barwy boków siatkówki.

23. Jeżeli będziemy przesuwać w płaszczyźnie poziomej po kole papierek barwny tak, aby obraz jego padał na coraz to inne miejsca siatkówki, wówczas papier ten będzie widziany w zmiennem nasyceniu i barwie, lub też tylko w zmiennem nasyceniu. Przy dostatecznem oddaleniu na bok stanie się on niezależnie od barwy bezbarwnym.

Szczegółowe badania Hessa [3]) dały następujące rezultaty:

a) Wszystkie barwy pomiędzy czystą żółtą i czystą czerwoną z jednej, a czystą żółtą i czystą zieloną z drugiej strony, zatracają podczas coraz to bardziej bocznego patrzenia czerwoność i zieloność, stając się bardziej żółtemi, następnie zupełnie żółtemi, nakoniec bezbarwnemi.

b) Wszystkie barwy pomiędzy czystą zieloną a czysto niebieską z jednej, z drugiej zaś czystą niebieską a czystą czerwoną zatracają

[1]) Preyer, Ueber den Farben- und Temperatursinn. Archiv Pflügera t. 35.

[2]) König, Zur Kenntniss dichromatischer Farbensysteme, Archiv Graefego tom 30.

[3]) Hess, Ueber Farbensinn bei indirecktem Sehen, Archiv Graefego tom 35.

Digitized by Google

także; podczas coraz to bardziej bocznego patrzenia czerwoność i zieloność, stając się bardziej niebieskiemi, nakoniec bezbarwnemi.

c) Tylko pewne żółte, niebieskie, czasami zaś pewne czerwone i zielone barwy zmieniają się bez zmiany tonu, tracąc tylko nasycenie.

d) Te barwy czerwone i zielone, które w razie patrzenia bocznego otrzymują odcień żółty lub niebieski, można przez dodanie barw niebieskiej lub żółtej zrobić barwami czystemi, t. j. takiemi, które stają się bezbarwnemi bez zmiany tonu.

e) Wrażenie barwy czerwonej i zielonej z jednej, lub barwy żółtej i niebieskiej z drugiej ginie w jednakowej odległości od środka oka; pierwsze dwa wcześniej, aniżeli dwa ostatnie.

Doświadczenia te, zgadzające się w swej jakościowej formie tak bezpośrednio z wynikami teoryi Heringa, pozwalają na wyprowadzenie różnorodnych wniosków mających popierać teoryę.

1. Pozwalają na określenie barw elementarnych. Byłyby to takie barwy, które zanikały bez zmiany tonu.

2. Pozwalają na określenie „wartości białej“ barwy. W tym celu należy umieścić papier barwny na szarem tle i dobrać szarość tak, aby zgadzała się ona z szarością wyglądu papieru badanego na brzegach pola widzenia. Byłaby to wówczas poszukiwana wielkość „wartości białej“.

Najważniejszem jednak było zastosowanie rezultatów badania do objawów „ślepoty barwnej“. Przyjmując, że ślepota boków jest wynikiem zanikania substancyi czerwono-zielonej i niebiesko-żółtej, łatwo było przypuścić, że tegoż samego rodzaju objawem jest „ślepota ogólna“, a objaśnienie było danem. Pozostawało tylko usunąć trudność, jaką tworzyły różnice pomiędzy dwoma rodzajami „ślepych“, objawiającą się faktycznie w różnicy ilości barwy czerwonej, jakiej używają przedstawiciele tych typów, w celu otrzymania równań barwnych.

Na to znalazł Hering odpowiedź w zjawisku absorbcyi światła przez barwik siatkówki, którego pokład pochłania przeważnie promienie lewej połowy widma. Różnica typów polegałaby na tem, że jeden posiadałby mniejszy pokład barwika, a więc byłby bardziej wrażliwy na barwy niebieskie niż drugi.

Z preparatów siatkówki z okolicy *macula lutea* na szkle przedmiotowem przekonał się Sachs[1]), że są one niejednakowo przejrzyste na barwy, a badając zmiany, jakie zachodzą podczas patrzenia na barwy przez taki preparat, przekonał się, że różnica między obydwoma

[1]) Sachs, Ueber specifische Lichtabsorbtion des gelben Fleckes, Archiv Pflügera tom 50.

Digitized by Google

typami ślepych znikała, jeżeli wrażliwy na barwy niebieskie patrzył przez preparat odpowiednio dobrany.

Zwycięstwo zdawało się być zupełnem. Wprawdzie zwolennicy teoryi Helmholtza zmodyfikowali tłómaczenie objawów ślepoty, przyjmując, że powodem jej nie zanik jednego z trzech elementarnych procesów i odpowiadającego mu czucia [1]), lecz taka zmiana pobudliwości, że dwa z nich byłyby jednakowo pobudliwe na wszystkie promienie. (W modyfikacyi takiej dwa czucia łączyłyby się zawsze w jedno, stanowiące ich syntezę, trzecie pozostawałoby niezmienione). Tłómaczenie to nie znalazło jednak większego uznania.

24. Przyjmijmy słuszność objaśnień Heringa i porównajmy je z wynikami badań ścisłych, jakie można otrzymać, analizując równania pomiędzy barwami, formowane przez „ślepych“ [2]).

Pytanie, jak ślepy widzi, a wraz z niem i wszelka dowolna interpretacya zostaje wówczas usunięta, jeżeli bada się materyał ścisły, dokładnie określony, pozwalający się ująć i porównywać liczebnie. Wobec danego widma mogą „ślepi na barwę czerwoną“ z barw o długości 589·2 $\mu\mu$ i 460·8 $\mu\mu$, „ślepy zaś na barwę zieloną“ z barw o długości fali 645 $\mu\mu$ i 460·8 $\mu\mu$, otrzymywać wszystkie inne barwy widma. Równania takie wykażą znane charakterystyczne różnice w ilościach użytej barwy czerwonej u jednego i drugiego rodzaju „ślepych“. Przypuśćmy wraz z Heringem, że różnica ta jest wynikiem istnienia większego pokładu barwika, absorbującego światło w oku jednego z nich. Przypuszczenie to powinno się uwydatnić w ilościach barwy użytej do równania, jako pewien stały współczynnik absorbcyi. Szczegółowe przeliczenie rezultatów okazuje, że o jakimkolwiek stałym współczynniku absorbcyi nie może być mowy.

Jeżeli się dalej uwzględni, że krzywe wyrażające ilości barwy niebieskiej wchodzącej do równań, wykazują między sobą te różnice, jakie mogłyby być wynikiem absorbcyi, to uprawnionym jest wniosek, że dwa rodzaje ślepych, różnią się nietylko przypuszczalną różnicą pokładu barwika w oku.

Dwa te typy zachowują też swą różnorodność w razie patrzenia bocznego. W myśl teoryi Heringa „ślepi“ nie posiadają jednej z substancyi psychofizycznych tak, jak nie posiadają jej, według niego, normalni paracentralnie. Podczas patrzenia więc paracentralnego normalni i obydwa typy „ślepych“ powinni tworzyć też same równania.

---

[1]) A. Fick, Hermans Handbuch, tom II; tenże, Zur Theorie des Farbensinnes bei indirektem Sehen, Archiv Pflügera tom 47.

[2]) Kries, Gesammelte Abhandlungen, Hamburg 1897.

Digitized by Google

Badania wykazują jednak różnicę pomiędzy dwoma typami „ślepych", istnieje ona tak samo i w razie patrzenia bocznego jak i centralnego. Przyczem równania odpowiadające oku normalnemu patrzącego bokiem, nie odpowiadają oczom „ślepego" patrzącego centralnie.

Wyniki te obalają Heringa. Nie znaczy to jednak, iżby należało powrócić do teoryi Helmholtza.

Możnaby wówczas dopiero uważać równania „ślepych" za formę redukcyi równań normalnych, jeżeli się przeoczy ten fakt zasadniczy, że „ślepi" mogą tworzyć równania pomiędzy dowolną barwą widma a połączeniem dwóch barw tegoż widma, normalni zaś nie mogą z trzech barw widma otrzymać resztę barw innych. Innemi słowy, gdyby układ barw ślepego był formą redukcyi układu barw normalnego, to powinno być możliwe z układu barw „ślepego" otrzymać przez dodanie jednej barwy system normalny. To jest nie wykonalne.

25. Na zakończenie obrazu pierwszej fazy badań optycznych zatrzymamy się nad jednym jeszcze faktem, uważanym przez czas pewien za silne poparcie teoryi Heringa. Jest to tak zwana „jasność właściwa barw". Hering spostrzegł, że wrazie osłabienia natężenia źródła światła wszystkie barwy widma stają się bezbarwne. Widmo zamienia się w jeden pasek szary nierównej białości. W zjawisku tem widział Hering wynik nierównej wrażliwości substancyi „czarno-białej" z jednej, a substancyi „niebiesko-żółtej" i „czerwono-zielonej" z drugiej strony. Stopień jasności w widmie osłabionem miał być miarą „wartości białej" barwy tegoż miejsca w widmie barwnem. Wniosek ten był wynikiem twierdzenia, według którego „wartości" barw sumują się. Przypuściwszy więc, że wartość biała barwy czerwonej wynosi a. Po zmniejszeniu natężenia źródło-światła n razy otrzyma się jako wartość białej barwy osłabionej $\frac{a}{n}$. W tymże samym jednak stosunku zmienione zostaną i wartości białe innych barw. Porównanie więc stopni jasności różnych miejsc widma, które wygląda jak pasek szary, daje względną miarę wartości białych.

Odpowiednie pomiary wykonał Hillebrand[1]).

Że interpretacya taka zjawiska jest niesłuszną, to staje się widoczne, jeżeli, opierając się na niej, zechcemy objaśnić inne zjawiska tegoż rodzaju. Tak n. p.[2]), jeżeli dwie barwy dopełniające wyglądają w połączeniu biało, to dzieje się to według Heringa dlatego, że

[1]) Ueber die specifische Helligkeit der Farben, Akad. wiedeńska, wydział mat.-przyrod., tom 98., str. 70.

[2]) A. König, Rozprawy Akad. berlińskiej z 30. lipca 1896.

Digitized by Google

działania ich antagonistyczne na substancyę barwną znoszą się i pozostaje tylko działanie na substancyę czarno-białą. Czynnemi więc są tylko „wartości białe“ każdej z barw dopełniających.

Możemy dobrać różne barwy dopełniające w takim stosunku, żeby tworzyły one określoną co do jasności barwę białą. Wówczas suma „wartości białych“ barw łączonych powinna być zawsze jednakowa. Dość jednak określić wartości białe tak dobranych barw bezpośrednio, a okaże się, że otrzymane liczby są bardzo dalekie od równości.

26. Z całości dotychczasowych badań wynika, że rozpatrywane metody odtworzenia różnorodności widzianych barw za pomocą kilku czuć i odpowiadających im procesów fizyologicznych nie doprowadziły do pożądanego celu. Nie posunęła się naprzód znajomość objawów fizyologicznych, a konstrukcye psychologiczne można było rozwijać o tyle tylko, o ile operowano z elementami nie dającymi się ściśle określić. Okazało się, że można tylko wtedy uważać barwę za syntezę elementarnych czuć, skoro czucia te są nieuchwytne, gdy są tak subjektywne, iż różnią się od wszystkich czuć barw dających się ściśle oznaczyć. Każda próba ściślejszego określenia tych praelementów czucia doprowadzała do sprzeczności z faktami.

Coraz bardziej zacieśniająca się dyskusya zmuszała jednak do posługiwania się określeniami coraz to dokładniejszemi. Zarzucono wówczas operowanie czuciami, aby się zwrócić do barw dających się określać ściśle. Wówczas okazało się możliwą rzeczą przedyskutować dokładnie jakościowe wnioski z teoryi Heringa i wykazać ich niezgodność ze ścisłymi ilościowymi rezultatami. Ścisłe jednak i idące jednolicie przez całe widmo równanania można było otrzymać tylko u dychromatów, wskutek czego ich badano przeważnie. Obok tego zarysował się inny jeszcze zwrot. Przekonawszy się o bezwartości substancyi fizyologicznych, zaczęto starać się nawiązać rezultaty badań nad poznawaniem i tworzeniem barw do faktów fizyologicznych, otrzymanych inną zupełnie drogą, za pomocą innych zupełnie badań.

Były to rezultaty badań Kühnego nad purpurą wzrokową i badania nad budową siatkówki.

Próby pod tym względem robiono już dawno. Pierwszy Schultze[1]) twierdził, że oko posiada dwoistą funkcyę, później Parinaud[2]) szeregiem badań starał się rozwinąć twierdzenie Schultzego. Prace te

---

[1]) Szereg rozpraw od 1861—71, zakończony monografią: Die Retina Strickers Handbuch, str. 977.

[2]) Teorya Parinaud wyszła świeżo p. t.: La Vision, Paris 1897.

Digitized by Google

jednak nie znalazły szerszego odgłosu. Teorya Heringa i Helmholtza wystarczały. Zwrot nastąpił dopiero wówczas, skoro bezpłodność spekulacyi na temat o „substancyach fizyologicznych“ stała się odczutą wszędzie. Dali do niego ponowny impuls Ebbinghaus[1]) i Ladd Franklin[2]).

27. „Anatomia siatkówki i fizyologia lub psychologia widzenia barw stoją dotychczas obok siebie, jak dwa małe światy, które się nawzajem nie obchodzą — powiada Ebbinghaus. — W jednym są pręciki i czopki, purpura wzrokowa i „naskórek barwny“, w drugim barwy zasadnicze, barwy przeciwne, barwy dopełniające, „ślepota barwna“ etc. Nikt nie wątpi, że rzeczy te stoją w jakimś związku, każdy jednak postępuje tak, jakgdyby nigdy nie pomyślał związać je ze sobą. Można powiedzieć, że wiemy jeszcze zbyt mało; skoro wiadomości nasze dojrzeją, to połączenie to przyjdzie samo przez się. Ja sądzę jednak, że wiadomości nasze nie są znów tak małe. Czy zaś związek pomiędzy obydwoma dziedzinami odkryje się, jeżeli nie będziemy go szukać, o tem można bardzo powątpiewać“.

Ebbinghaus stara się więc utworzyć ten związek i wyjść po za ogólne substancye Helmholtza i Heringa. Główną uwagę zwrócił on na purpurę oczną.

Jak wiadomo z badań Kühnego purpura oczna ma następujące własności. *a*) Istnieje ona w dwóch odmianach, bardziej czerwonej i bardziej fiołkowej. *b*) Absorbuje promienie środkowej części widma, przetwarzając się pod ich wpływem na odmianę żółtą. *c*) Żółta modyfikacya purpury staje się pod wpływem światła białą. Ta ostatnia odmiana nie podlega już dalszym zmianom. W ciemności jednak regeneruje się i powraca do pierwotnego swego stanu.

Ebbinghaus przyjmuje, że rozkładaniu się purpury czerwonej odpowiada czucie barwy zółtej, a rozkład żółtej jej odmiany wywołuje wrażenie barwy niebieskiej. Purpura zastąpiłaby więc rolę substancyi żółto-niebieskiej Heringa, z tem jednak uzupełnieniem, że mogłaby ona jednocześnie w pewnych warunkach rozkładu być fizyologicznym równoważnikiem czucia białego. Znaczna obfitość jej na bokach tłómaczyłaby spostrzeganie barwy niebieskiej i żółtej przy takiem patrzeniu bocznem, podczas którego inne barwy już nie są widziane.

---

[1]) Ebbinghaus, Theorie des Farbensehen, Zeitschrift für psych. und physiol. der Sinnesorgane, tom V.

[2]) Ladd Franklin, Eine neue Theorie der Lichtempfindungen, Zeitschrift für Psych. u. Phys., tom IV.

Digitized by Google

Dla czuć barwy czerwonej i zielonej przyjmuje Ebbinghaus istnienie substancyi hypotetycznej, pochłaniającej inne barwy aniżeli purpura, odpowiadającej jej jednak co do charakteru funkcyi fizyologiczno-optycznych.

28. Teorya Ebbinghausa jest modyfikacyą teoryi Heringa. Teorya Ladd Franklina stanowi odmianę teoryi Helmholtza.

Przyjmując psychologicznie powstawanie czuć barwnych z syntezy trzech barw, uważa Franklin za równoważnik fizyologiczny odpowiadający elementarnym czuciom dysocyacyę dwóch rodzajów drobin Jednej odpowiadają barwy szare, „drobiny szare", drugim barwy widmowe, „drobiny barwne". „Drobiny barwne" powstały z „drobin szarych" przez różniczkowanie się w ten sposób, że są one wynikiem ułożenia się drobin szarych w trzech do siebie prostopadłych kierunkach. Działanie światła na drobiny pobudza je do dysocyacyi.

Gdy pewne zmieszanie objektywnego światła dysocyuje trzy grupy drobin w jednakowej ilości, wówczas powstaje substancya pobudzająca nerwy, a posiadająca te same własności, co i „drobiny szare", powoduje ona takież same wrażenie. Pobudzenie do dysocyacyi tychże drobin barwnych w innych stosunkach daje czucia barwne.

Rozmieszczenie tych drobin jest następujące: w czopkach znajdują się „drobiny barwne", w pałeczkach „drobiny szare". Przyczem ustosunkowują się one tak, że:

a) W *fovea centralis* znajdują się tylko czopki, stąd największa wrażliwość na barwy, a nie największa wrażliwość na szarość.

b) W pasie przytykającym do *fovea* widzimy stopniowy wzrost ilości pałeczek, a malenie ilości czopków, stąd zmniejszanie się wrażliwości na barwy, a zwiększanie się wrażliwości na szarość.

c) Na bokach znajdują się pałeczki, stąd prawie żadna wrażliwość na barwy, a znaczna wrażliwość na szarość.

29. Zbliżając badania fizyologicznej optyki do danych bardziej konkretnych, teorye Ebbinghausa i Ladd Franklina zwróciły ponownie uwagę na dwoistą budowę oka, dając impuls do badań stojących obecnie na porządku dziennym. Ich celem jest rozstrzygnięcie, czy oko jest narzędziem o dwoistej funkcyi.

Zjawiska wskazujące na to — znane były od dawna. Znanem było, że wrażliwość boków siatkówki jest inna w oku przystosowanem do światła dziennego, a inną (znacznie większą) w oku przystosowanem do ciemności.

Badania szczegółowe dokonane przez Parinaud wykazały, że różnice te dotyczą głównie promieni o krótszej długości fali. Zwrócił

Digitized by Google

on również uwagę na fakt, że te barwy, na które oko przystosowane do ciemności jest wrażliwsze, stają się bezbarwnemi. Zestawiwszy fakty z budową siatkówki, doszedł do wniosku, że zjawiska te są funkcyą purpury wzroku.

Działanie purpury wzrokowej polega na fluoryzowaniu.

Pod wpływem działania promieni światła dziennego purpura wzrokowa rozkłada się i traci zdolność fluoryzowania. Oko jest wówczas przystosowane do światła dziennego i do barw, po dłuższym pobycie w ciemności purpura regeneruje się nabywając jednocześnie zdolności fluoryzowania pod słabym działaniem promieni krótkofalowych. Stąd wzrost wrażliwości na te promienie tam, gdzie purpura się znajduje, a więc na bokach, brak zaś zmiany wrażliwości w centrum oka, gdzie brak purpury i w promieniach czerwonych nie pobudzających fluorescencyi w całem oku.

30. Teorye Parinaud nie zwróciły na siebie w swoim czasie uwagi badaczy niemieckich, a obecnie są chętnie przeoczane.

Prace Ebbinghausa i Franklina dały impuls do badań fizyologom niemieckim. One zwróciły uwagę na szereg faktów znanych poprzednio, rozpatrywanych jednak przygodnie bez wewnętrznego związku. Pierwszem z nich to tak zwane „zjawisko Purkiniego“.

Helmholtz w swej fizyologicznej optyce mówi o niem w następujący sposób: „Jeżeli czerwony i niebieski papier wyglądają jednakowo jasno za dnia, wówczas w słabem świetle papier niebieski będzie wyglądał jaśniej, papier czerwony zaś zupełnie prawie ciemno. Wiadomo też, że w galeryi obrazów wraz z zapadającym zmrokiem giną przedewszystkiem barwy czerwone, barwy zaś niebieskie widać najdłużej“.

Tutaj jeszcze mowa jedynie o zmianie jasności barwy, pomimo że znano także zmianę jej nasycenia. Później dopiero prace Heringa i Hillebranda zwróciły uwagę ponownie na zjawisko Purkiniego. Sprawdzono też, że zanikanie barwy w widmie wraz ze zmianą natężenia jest bez porównania wybitniejsze wówczas, gdy oko przystosowało się do ciemności, aniżeli wówczas, gdy jest ono przystosowanem do światła dziennego.

Już pod wpływem prac Ebbinghausa i Franklina zajął się König[1]) purpurą wzroku i zależnością zjawiska Purkiniego od przystosowania oka do ciemności, znajdując znów, że małe barwne pola nie zmieniają swej barwy podczas patrzenia centralnego i że

[1]) König, Ueber den Menschlichen Sehpurpur und seine Bedeutung für das Sehen. Sitzungsberichte der Berliner Akad., 1894, str. 577.

Digitized by Google

w tych warunkach każdy punkt, jak tylko zostaje spostrzeżonym, jest widzianym w swej naturalnej barwie. Wszystkie te fakty wskazywały na to, że zjawisko, które Hering tłómaczył jako objaw działania na substancyę „biało-czarną", jest zasadniczo nowe i że stoi ono w związku z anatomiczną budową oka. Zakreśliło to kierunek badań. Z jednej strony należało dowieść, że zjawiska nie dadzą się podporządkować pod teoryę Heringa, z drugiej znów wykazać ścisły związek pomiędzy nową grupą zjawisk a budową oka.

Pierwsze zadanie było łatwem. Większe trudności łączą się z badaniem dwoistej funkcyi organu wzroku, które są obecnie badane; nie uprzedzając więc ostatecznych rezultatów musimy ograniczyć się do podania faktów już zupełnie pewnych.

I. Przedewszystkiem więc zaznaczyć należy bezsprzecznie już stwierdzony fakt, iż barwy jednakowo wyglądające, będące wypadkowemi złączeniami niejednakowych składowych, przestają być jednakowemi w razie zmiany natężenia źródła światła.

Jest to fakt zasadniczej wagi.

Należy uprzytomnić sobie tylko, iż wszystkie dotychczasowe teorye wychodzą z założenia o subjektywności czuć, szukały dla nich odpowiednich elementarnych przejawów fizyologicznych. Jednakowym czuciom musiały więc odpowiadać jednakowe procesy elementarne niezależnie zupełnie od tego, jak powstawały podniety, które je pobudzają.

Jeżeli więc pewne promienie pobudziły procesy *A*, *B*, *C*, w stopniu α, β, γ, inne zaś promienie w tymże stopniu α, β, γ, to koniecznem było, aby przy jednakowej zmianie podniet zmieniły się jednakowo stopnie pobudzenia procesów elementarnych, jeżeli wogóle cała forma odtwarzania ma być dyskutowaną. Było to zasadnicze prawo mieszania barw.

Niesłuszność jego spostrzegł już bardzo dawno Albert[1]). Powtórzone jednak doświadczenie przez Braunecka i Kriesa[2]) dało rezultat ujemny. Dziś rzecz nie podlega wątpliwości; stwierdził ją Brodhun[3]), Tonn[4]), ostatnio zaś uczeń Heringa Tschermak[5]). Doświadczenia pokazały, że wartość składowych zależy od natężenia widma i że barwy dopełniające, zależnie od natężenia widma, muszą być brane z różnych miejsc widma.

[1]) Wied. Annal., tom XVI.
[2]) Archiv für Physiologie Du Bois Reymonda, 1885, str. 19.
[3]) Zeitschrift für Psych. und Phys., V, str. 323.
[4]) Tamże, tom VII, str. 279.
[5]) Archiv Pflügera, tom 70.

Digitized by Google

II. Stwierdzoną jest większa „wrażliwość“ na światło boków siatkówki przystosowanej, aniżeli centrum, przyczem światło widziane bokiem jest zawsze białe z odcieniem niebieskawym.

III. W wysokim stopniu jest prawdopodobne, że tak zwani monochromaci posiadają wzrok, którego własności zbliżone są do własności oka przystosowanego. Cechuje ich możność znacznie szybszego przystosowania się do ciemności, aniżeli oka normalnego.

Czy fakty te i wiele innych doprowadzą do wniosku, że organ wzroku jest dwoisty, na to pytanie dadzą odpowiedź badania późniejsze. Dotychczas przypuszczenie Parinaud, że mamy tutaj wynik fluorescencyi purpury, a więc objaw pobudzania nerwów (właściwych organów pobudliwości zmysłu) przez światło zewnętrzne chociaż powstające w oku, tłómaczy wszystkie otrzymane rezultaty.

III.

31. Powróćmy do pytań postawionych na początku. Znaleźliśmy, że metody badania i wyjaśnienia zjawisk optyczno-fizyologicznych okazują też same cechy charakterystyczne, jakie posiadały metody mechaniki. I tutaj więc widzimy, że dążenie do odtwarzania całości zjawisk za pomocą zmienności kilku elementów jest tylko wyrazem nadmiernego rozszerzenia metody badań pewnej grupy zjawisk. W danym przypadku były to badania nad mieszaniem barw, które uzupełniono szeregiem twierdzeń filozoficznych. I tutaj jednak okazało się, że takie skrócone przedstawienie złożonej różnorodności, nie może objąć całości zjawisk.

Widzimy następnie, jak rozwój badań i pytań siłą konieczności zmusza do ograniczenia poczynionych uzupełnień. Pod wpływem tej konieczności usunięto w badaniach nad dychromatami pytanie „jak oni widzą barwę“, zastępując je analizą równań, dających się ściśle określić i ściśle odtworzyć. Taż sama konieczność zmusiła do postawienia pytania o dwoistości budowy organu wzroku. Zwrot ten to objaw tego samego dążenia, jaki zaznaczyłem w rozwoju pojęć mechaniki. Prowadzi on do usunięcia założeń i przypuszczeń nie będących wyrazem bezpośrednio danych zjawisk, przez zbliżanie się do opisywania naukowego.

32. Jak przedstawi się jednak opisowa forma badań? Zbadajmy w tym celu czynione założenia.

Optyka fizyologiczna współczesna przyjmując jako pewniki twierdzenie fizyczne, że objektywnem zjawiskiem są tylko drgania faliste jakiegoś ośrodka i twierdzenie filozoficzne, że barwy są subjektywnemi

Digitized by Google

czuciami, na założeniach tych oparła swe dalsze wywody. Nie doprowadziły one do pozytywnego rezultatu: Różnorodność barw nie dała się przedstawić jako synteza czuć.

Nowe zagadnienia odsunęły chwilowo trudności, z któremi się borykano. Nie usunęły ich jednak. Stanie się to możliwem wówczas dopiero, jeżeli analizując założenia postaramy się usunąć z nich to wszystko, co stało się przedmiotem błędnych interpretacyi i powstałych stąd trudności.

Zasadniczem przedewszystkiem było założenie, według którego objektywnie realnym jest ruch falisty, barwa natomiast subjektywnem czuciem. Rozpatrzmy fakty, które do założeń tych doprowadziły.

Rozpatrując różnorodność barw, dochodzimy szybko do poznania tak zwanych barw prostych i barw złożonych. Jakościowo mogą być one jednakowe, jedne z nich jednak dadzą się rozkładać na barwy pierwotne, drugie nie. Jeżeli zapytamy, co stanowi treść rzeczy w rozkładzie barw, to odpowiedź ścisła będzie: pewne następstwa w zjawiskach.

Widzieliśmy barwę białą, która po wstawieniu pryzmatu pomiędzy źródło światła, a oko zanika, na to zaś miejsce pojawiają się barwy widma. Było zjawisko *A*, następnie powstało zjawisko *B*. Obydwa te zjawiska są z sobą ściśle związane; zjawisko *B* powstaje wówczas dopiero, gdy istnieje *A* i skoro stało się zadość całej grupie warunków ubocznych (*a*, *b*, *c*), jak wstawianie pryzmatu, ustawienie go w określony sposób.

Popularny sposób wyrażania się mówi w warunkach rozpatrywanych o „rozkładaniu barw", posługując się jako przenośnią wyrażeniem zaczerpniętem ze świata materyalnego. Jest to jednak tylko przenośnia, ściśle znamy tylko zjawiska *A*, *B*, *C* następujące po sobie, lub obok siebie.

Barwa biała jest tak samo bezpośrednią, jak i barwy widma i tak samo jakościowo samoistną jak i te ostatnie. Samoistności tej nie może naruszyć to, że w określonem następstwie zjawisk możemy przejść od barwy białej do barw widma.

33. Inny rodzaj zjawisk stanowią tak zwane zjawiska interferencyjne. Jeżeli patrzymy na płytkę cienką w świetle jednorodnem, widzimy ją pokrytą peryodycznie jasnemi i ciemnemi paskami. Toż samo otrzymujemy, skoro położymy płaską bardzo soczewkę na płytkę szklaną (krążki Newtona) i t. d.

Mamy tutaj szereg objawów peryodycznych. Okazuje się przytem, że peryodyczność ta pozwala się ująć w pewien geometryczny związek mogący służyć jako stały wskaźnik promieni pewnego miejsca

Digitized by Google

widma. Przypuśćmy naprzykład, że punkt świecący odbijamy w dwóch zwierciadłach Frenela. Otrzymujemy wówczas w pewnej odległości szereg prążków ciemnych, których odległości w każdym rodzaju światła będą różne. Będą one największe wobec promieni jednego końca, najmniejsze wobec promieni drugiego końca widma.

Pomiędzy odległością pewnego prążka od sąsiedniego, a odległością tegoż prążka od obydwóch geometrycznych obrazów świecącego punktu istnieje związek stały w świetle pewnego miejsca widma. Oznaczmy mianowicie odległość prążka od obrazów punktu przez S_1 i S_2, przez δ odległość dwóch prążków, przez d odległość obrazów punktu, a przez D odległość prostej łączącej obrazy punktu od płaszczyzny, w której leżą prążki, a otrzymamy wówczas znany wzór: $S_1 - S_2 = \frac{d\delta}{2D}$, wyrażenie $\frac{d\delta}{2D}$ może więc służyć jako wyznacznik charakterystyczny promieni pewnego miejsca widma tak samo dobrze, jak pewien współczynnik ciepła właściwego mógłby służyć do określenia własności metalu, jak ciężar gatunkowy służy do określenia procentowego roztworu ciała w wodzie i t. d.

Taką wielkością charakteryzującą promienie pewnego miejsca widma jest jednak nietylko powyższy związek. Badania fizyczne pokazują, że istnieje ich cały szereg. Wszystkie one są jednakowo ściśle określone i jednakowo charakteryzują promienie pewnego miejsca widma. Przypuśćmy naprzykład, że w powyższem urządzeniu na pewnej długości przestrzeni po geometrycznej drodze jednego z promieni, będziemy mieli powietrze dowolnie zgęszczone. Doświadczenie pokaże nam, że prążki będą się przesuwać na ekranie w miarę jego zgęszczenia lub rozrzedzenia. Zależnie od stopnia zgęszczenia powietrza otrzymamy w danem, stałem miejscu pasek jasny lub ciemny. Możemy wówczas określić, o ile powietrze w pewnym stanie musi być zgęszczone, aby nastąpiło przesunięcie o jeden prążek, a otrzymamy znów wyznacznik charakterystyczny promieni każdego miejsca widma.

Przyjmując, że ruch eteru mającego stanowić istotę zjawisk optycznych jest falistym, przyzwyczailiśmy się wskutek warunków historycznych mówić w pierwszym z rozważanych przykładów, że wielkość $S_1 - S_2$ jest różnicą ruchu falistego równą połowie fali światła, a wyjaśniając dalej doświadczenia inne mówimy już w myśl przyjętego założenia, że ruch ten w powietrzu zgęszczonem, zostaje opóźnionym.

O tem, o ile przypuszczenie to jest wygodne lub nie, może decydować praktyka, że jednak nie jest ono wyprowadzone z faktów, lecz dodane do nich dowolnie, o tem przekonywamy się z każdego

Digitized by Google

wzoru optycznego, wyprowadzającego związek długości fali. Poprzednio wykazaliśmy, że wzór ten dla zwierciadeł Frenela jest tylko związkiem pomiędzy odległościami obrazów punktów świecących i prążków, można wykazać, że każdy inny wzór na długość fali, posiada te same wartości.

Przypuszczenie więc, że światło jest drganiem eteru, jest przypuszczeniem, nie stojącem w żadnym koniecznym związku ze zjawiskami optycznemi. Zjawiska te i związki pomiędzy niemi moglibyśmy również dobrze badać, otrzymując takie same rezultaty, bez przypuszczenia o eterze i jego falistości.

Nie trudno też zrozumieć genezę tego poglądu; był on wynikiem zapatrywania, że mechaniczne pojmowanie zjawisk pozwoli zrozumieć wszystkie zjawiska wszechświata. Huyghens twórca nauki, że falistość ruchu eteru jest istotą zjawisk świetlnych, wypowiada też na czele swej optyki przekonanie, że jedynie mechaniczne wytłómaczenie wszechświata można uważać za naukowe. Postępuje on też w myśl swego przekonania, szukając mechanicznych form przestawienia zjawisk optycznych. Dziś wiemy już, że mechaniczne pojmowanie zjawisk, nie może wyjaśnić ich różnorodności, a badania warunków powstania pojęć mechanicznych wykazuje, że nie są one w zupełności do tego podatne.

34. „Mieszanie barw“ zarówno jak i badanie tych związków, które określają długość fali nie daje nam także rezultatów, które moglibyśmy uważać za „bardziej istotne“ od innych. Rozpatrując powstawanie barw przez mieszanie, możemy pytać, w jakich warunkach i przy jakiej najmniejszej ilości barw możemy otrzymać możliwie największą ilość barw pochodnych. Barwy jednak mięszane, zarówno jak i barwy pochodne, są tylko zjawiskami istniejącemi w pewnym następstwie. Barwa pochodna jest tak samo bezpośrednio daną, jak daną jest barwa mięszana. Przypuszczenie zaś, że powstaje ona jako synteza elementarnych czuć, jest znów przypuszczeniem a nie faktem.

Skoro z pierwszych rezultatów mieszania barw można się było domyślać z pewnem prawdopodobieństwem, że można odtworzyć różnorodność barw za pomocą trzech barw elementarnych, wówczas pod wpływem mechanicznego poglądu na istotę światła przyjęto, że istnieją trzy czucia, których synteza daje wszystkie barwy widma.

Wykazaliśmy już, dowolność tej mechanicznej interpretacyi zjawisk świetlnych. Wobec tego musimy ponownie pytać o zasady, na jakich mogłoby się oprzeć twierdzenie, o subjektywności „czuć barwnych“, musimy żądać motywów na poparcie poglądu, że barwa jest tylko reakcyą naszej świadomości, musimy szukać uprawnienia twier-

Digitized by Google

dzenia, że czucia barw są przeważnie wynikami syntezy czuć elementarnych.

Wszystkie te przypuszczenia nie są uprawnione. Badania nad mieszaniem barw, nietylko że ich nie wymagają, lecz odwrotnie przeczą im.

Wykaże to z łatwością rozpatrzenie rezultatów odpowiednich badań.

35. Weźmy dla przykładu badania Koeniga i Ditericiego, uznane ogólnie za najbardziej dokładne i wielokrotnie cytowane [1]).

„Wniknięcie w funkcyonowanie elementów zmysłu wzroku, odbierających pobudzenia świetlne — czytamy u autorów — musi być ułatwione przez zredukowanie nieskończonej ilości czuć barw do możliwie małej ilości czuć elementarnych". One, pobudzane jednocześnie w różnem natężeniu i w różnych stosunkach, spowodowałyby powstawanie innych czuć barwnych, co do których nie zakłada się wcale, że odpowiada im elementarny proces nerwu optycznego. Czucia elementarne charakteryzują autorowie w ten sposób, iż powinny one pozwolić na możliwie proste rachunkowe i analityczne przedstawienie systemu barw. Zadanie to jest, mówią oni, czysto doświadczalne, a jego rozwiązanie ma być niezależne od jakichkolwiek teoretycznych założeń. Autorowie mają więc na celu możliwie objektywne przedstawienie rezultatów badania.

Gdyby zatem badanie takie rzeczywiście zmuszało do przyjęcia subjektywności czuć, to widoczna, że wniosek ten musiałby decydować nietylko o subjektywności barw, lecz i o całym poglądzie na świat i zjawiska.

Rozpatrzmy rezultaty.

Pokazały one, że na dość znacznej przestrzeni czerwonego końca widma można otrzymywać równania pomiędzy barwami widma a różnemi natężeniami jednej barwy. Pokazały one, że, aby utworzyć równania pomiędzy różnemi barwami widma, trzeba rozdzielić widmo na kilka partyi i tworzyć równania pomiędzy barwami małych tylko części widma.

Ogólnie otrzymał König pięć typów równań, które dadzą się przedstawić w następujących formach.

$$1.\quad L\lambda = a\,L\lambda$$
$$2.\quad L\lambda = a\,L\lambda_1 + b\,L\lambda_2$$
$$3.\quad L\lambda + c\,L\lambda_1 = a\,L\lambda_1 - b\,L\lambda_2$$
$$\text{lub}\quad L\lambda = a\,L\lambda_1 + b\,L\lambda_2 - c\,L\lambda_1$$

[1]) König i Diterici, Die Gesichtsempfindungen und ihre Analyse, Hamburg 1892.

Digitized by Google

gdzie $L\lambda$ wyraża długość fali widma, a, b, c natężenia. W praktycznem zastosowaniu część widma od 720 $\mu\mu$ do 660 $\mu\mu$ dała się przedstawić w pierwszej formie równania,

części od 670 $\mu\mu$ do 563·5 $\mu\mu$
„ 590 $\mu\mu$ „ 516·5 $\mu\mu$
„ 536 $\mu\mu$ „ 475 $\mu\mu$
„ 516·5 $\mu\mu$ „ 485 $\mu\mu$
} za pomocą równania formy drugiej,

części od 670 $\mu\mu$ do 590 $\mu\mu$
„ 590 $\mu\mu$ „ 536 $\mu\mu$
„ 485 $\mu\mu$ „ 463 $\mu\mu$
„ 475 $\mu\mu$ „ 433 $\mu\mu$
} za pomocą równania formy trzeciej.

Te dane są materyałem ścisłym, faktycznym. Gdyby więc Königowi z danych tych udało się wyprowadzić konieczność przyjęcia trzech czuć elementarnych różnych od barw, wówczas krzywe takie posiadałyby pewną rzeczową wartość.

König postępuje jednak inaczej. Przyjmuje on, że od równania

$$L\lambda = a\,L\,670 + b\,L\,563{\cdot}5 - c\,L\lambda'$$

zaczyna się czucie elementarne barwy zielonej i opierając się na prawie mieszania barw, rozumuje w następujący sposób: Składnik zielony, wchodzący w równanie, oznaczony przez G, będzie określał związek

$$a\,G\lambda = b\,G\,563{\cdot}5 - c\,G\lambda'$$

dlatego, że według założenia $G\,670 = 0$. Dla uproszczenia rachunku zakłada on dalej, że $G\lambda' = 0$ i oblicza w ten sposób związek $G\,590 = 0{\cdot}85\;G\,563{\cdot}5$
przyjmując zaś, że $G\,563{\cdot}5 = 10$ otrzymuje na koniec $G\,590 = 8{\cdot}50$.

Dalsze wyrażenie nie przedstawia już żadnych trudności. Nie przedstawia jednak i żadnej wartości. Zadaniem badania miało być otrzymanie z doświadczenia pewnych rezultatów, a nie tłómaczenie doświadczeń za pomocą pewnych założeń. Skąd König i Diterici wiedzieli, że czucie zielone zaczyna się w zakresie od 590, a nie wcześniej, lub później? Nie wykazały tego w każdym razie równania, gdyż te dały tylko związek pomiędzy barwami widma. Wartość też wszystkich takich obliczeń jest iluzoryczna, gdyż są one najzupełniej dowolne. Iluzoryczność stwierdza najlepiej fakt, że według obliczonych przez Königa rezultatów barwy widma dyfrakcyjnego gazu powinny w granicach od 720 do 645 wystąpić jako zmiany

Digitized by Google

natężenia czucia barwy czerwonej, barwy zaś od 645 μμ do 545 μμ jako rezultat ustosunkowania czucia czerwonego i zielonego. Tymczasem w praktyce, dla utworzenia równań pomiędzy 670 μμ a 563·5 μμ okazała się potrzeba użyć domieszki barw o 478 μμ i 471·5 μμ, a więc barw niebieskich.

Tak jak König i Diterici obliczyli krzywe czuć elementarnych, można obliczać krzywe dowolne. Sami autorowie uważali za konieczne obliczyć inne jeszcze krzywe, które nazwali krzywemi czuć fundamentalnych. Opierając się na wynikach Königa i Dithericiego, obrachował później Ebbinghaus krzywe czucia czerwonego, żółtego, zielonego i niebieskiego, a proceder ten można prowadzić w nieskończoność.

Ani więc własności geometryczne objawów świetlnych, ani wyniki rozkładania i mieszania barw nie dowodzą konieczności wniosku, aby barwa była subjektywnem czuciem. Jedne i drugie badania są tylko pewną formą rozpatrywania jakościowej, bezpośrednio danej różnorodności barwnej. Te formy rozpatrywania nie naruszają w niczem bezpośredniości przedmiotu rozpatrywania, nie zmieniają jego różnorodności jakościowej.

Przypuszczenie więc, że długość fali jest wyrazem istotnych własności promieni świetlnych, charakteryzującym wszystkie jego własności, jest przypuszczeniem również dowolnem jak i to, że barwa jest subjektywnem czuciem, lub syntezą czuć elementarnych.

Na założeniach tych opierały się jednak dotychczasowe badania różnorodności barw i ich interpretacya. Usuwając tę interpretacyę, musimy szukać nowej odpowiedzi na pytanie, jaką jest wartość i rzeczowe znaczenie dotychczasowych badań optyczno-fizyologicznych.

36. Powróćmy w tym celu do bezpośrednio danych zjawisk. Różnorodność ich możemy w wieloraki sposób rozpatrywać, układać i szeregować, możemy badać różnorodne warunki jej zmienności.

W szeregu tych badań na pierwszem miejscu będzie stało zadanie, mające na celu usystematyzowanie badanych jakości. Usystematyzowanie to nie zmienia w niczem różnorodności, tak jak nie zmieni różnorodności osobników świata roślinnego zestawienie ich w klasy lub grupy. Pozwala ono jednak na ścisłe określenia każdej jakości przez określenie jej miejsca w systemie.

Zaznaczyliśmy już, że jednym z takich systemów jest określenie barwy za pomocą widma. Własności źródła światła, miejsce w widmie i szereg warunków, jakim podlegał patrzący, są to trzy zmienne określające barwy.

Digitized by Google

Dziś trudno odpowiedzieć na pytanie, czy dane te określają całą różnorodność barw. Wolno jednak przypuszczać, że tak jest, skoro się uwzględni, że wszystkie barwy widma stają się bezbarwne wobec silnego zwiększenia źródła światła. Gdyby przypuszczenie to okazało się słuszne, będziemy mogli wówczas określić ściśle zmienność barw zależnie od trzech warunków; wszystkie barwy będą trojako różnorodne [1]).

37. Druga forma rozpatrywania, to mieszanie barw. I tutaj, nie zmieniając w niczem charakteru danej, różnorodnej jakości, badamy tworzenie barw nowych przez mieszanie barw stałych. Określenie barw przez mieszanie nie może jednak obejść się bez pomocy widma. Przy jego pomocy muszą być określone barwy mieszane.

38. Wszystkie doświadczenie fizyologicznej optyki zajmowały się dotychczas faktycznie tylko badaniem sposobów określania barw i zależności określeń od każdej ze zmiennych.

Czy chodziło o określenie zmian pod wpływem zmiany natężenia, czy badano wpływ tak zwanego znużenia, czy zmiany podczas patrzenia bocznego, wszystko to było określeniem zmienności barw wraz ze zmianą jednego z warunków określających barwę za pomocą widma.

Faktycznym więc wynikiem dotychczasowych badań była tylko klasyfikacya barw.

Aby jednak klasyfikacya taka mogła być jednolitą i ogólną, należało zbadać, czy ta różnorodna mnogość, jaką znajduje jeden z badaczy, jest tak samo różnorodną u drugiego, czy oznaczenia ich obu są takie same.

Na pytanie to otrzymano przez doświadczenia rezultat ujemny. Pokazały one, że istnieją kategorye ludzi, tak zwanych „ślepych na barwy“, których oznaczania nie są jednoznaczne, u których mnogość barwna była mniej różnorodną, aniżeli u normalnych.

---

[1]) Dziś trudno odpowiedzieć na pytanie iloma zmiennemi jest określona różnorodność barw. Pewne jednak doświadczenia wskazują, że zmiennych tych jest dwie, obok zmienności funkcyi tych zmiennych. Albowiem jeżeli będziemy zmieniać natężenie i zmieniać długość fali, t. j. miejsce w widmie, wówczas otrzymamy, przy stałych warunkach patrzenia pewien system barw. Przypuśćmy teraz, że widmo pozostaje stałe, natomiast nużymy oko pewną barwą. Wówczas doświadczenie uczy, że widzimy barwy, które znajdują się już w systemie określonym poprzednio, lecz, że zmieniło się rozmieszczenie barw (patrz doświadczenia Hessa i Votzego), że zmienne pozostały też same, zmieniła się tylko funkcya wyrażająca ich związek. Zmienność funkcyi jest zaś wyrazem innego ugrupowania barw.

Digitized by Google

Należało więc zbadać, w jakim stosunku stoją do siebie oznaczenia różnorodności barwnych.

Pierwotni badacze wychodząc z założenia, że dana mnogość jest subjektywna, że jest ona formą odczucia barw, pytali, jak „ślepi“ widzą barwy. Na pytanie to odpowiedź była nie możliwa.

Pytanie, pozornie proste, okazało się w praktyce nie do rozwiązania, a ulepszone metody badania dychromatów musiały je usunąć zupełnie. Przyczyna tego jest jasna.

Znajdując różnobarwną wielorakość, możemy ją oznaczać i za pomocą oznaczeń porozumiewać się z innymi. Oznaczenia nasze nie są jednak określeniami. Czy barwa, którą widzę „ja“, jest jakościowo taką samą w widzeniu drugiego, jest to pytanie nie do rozwiązania. Pytanie takie jest zresztą zbyteczne, jeżeli pomiędzy mną a innym istnieje możność jednakowego porozumiewania się. Możność tę daje pobieżnie mowa, ściślej określenie naukowe. W czasie kiedy wszelkie czucia uważano za subjektywne przejawy świadomości, wówczas uważano mowę za opis tego, co się dzieje w świadomości. Było to konieczne. Mowa wskazywała na zmiany jakościowe, a ponieważ świat objektywny był bezjakościowy, więc mogła ona wskazywać tylko na to, co się dzieje w świadomości mówiącego.

Usuńmy jednak taką interpretacyę, a okaże się, iż mowa służy do porozumiewania się w celu oznaczenia jakościowych własności otoczenia. Wyraz, to znak pewnej barwy, umożliwia on porozumiewanie się pomiędzy mną, a innymi, pozwalając wskazywać zawsze na pewną barwę. Czy, gdybym mógł patrzeć oczami innego, widziałbym barwę tak samo, jak on — jest to rzeczą obojętną, zasadniczą zaś jest, abyśmy używali jednakowych znaków na te same przedmioty i zjawiska. Doświadczenie pokazuje, że dychromaci posługują się na określenie barw takiemi samemi nazwami, co i normalni.

To było źródło trudności dla pierwszych badaczy dychromatyzmu, którzy przez przypuszczenie, że „ślepi“ widzą inaczej, nie mogli się dowiedzieć, jak oni widzą.

39. Jeżeli porównamy różnorodną mnogość barw z tak nieznaczną ilością nazw, to jasnem będzie, że określenie ścisłe tej różnorodności za pomocą wyrazów jest niemożliwe i że trzeba koniecznie szukać środków dokładniejszych. Widzieliśmy, że w tym celu trzeba się było uciec do określania, za pomocą trzech zmiennych źródła pewnego światła, miejsca w widmie i warunków poprzedzających patrzenie.

Określiwszy w ten sposób wszystkie barwy, zapytamy, czy otoczenie jest dla każdego w tej samej mierze różnorodne. Tylko w osta-

Digitized by Google

tnim przypadku istnieje możność porozumiewania się. Tylko wówczas możliwą jest pewność, że zmiany, na które wskazuję ja, są temiż zmianami, które przy pomocy tychże symbolów oznacza inny, gdy otaczający świat jest dla mnie i dla innego jednakowo różnorodnym. Wówczas dopiero symbol wskazujący jakościowe własności otoczenia będzie mógł być jednoznacznie używanym.

Zbadaniem tego pytania zajmują się wszystkie prace nad dychromatami. Przekonano się, że system barw normalnego i anormalnego nie są w jednakim stopniu różnorodne. Wówczas należało zbadać, w jakim stosunku do siebie stoją obydwa systemy i czy można przedstawić system normalny tak, aby z niego przez usunięcie pewnej zmiennej można było otrzymać system anormalny.

40. Zarówno klasyfikacya barw systemu rozmaitości normalnej, jak i klasyfikacya systemu barw anormalnych nie są dotychczas opracowane systematycznie i całkowicie. Przyczyny tego szukać należy w tem, iż wskutek błędnej interpretacyi zjawisk uważano długość fali jako zupełny wyznacznik barwy widma, nie uwzględniając tego, że jest ona także zależna od „natężenia“ widma, t. j. od źródła światła. Drugą ważniejszą jeszcze przyczyną było to, że metodę mieszania barw, będącą niczem innem jak tylko odmienną formą klasyfikacyi, uznano za przejaw syntezy czuć i badano równorzędnie mieszanie barw, oraz ich zmienność w ich określaniu za pomocą widma.

41. Klasyfikacya jakościowych danych otoczenia jest środkiem, a nie celem.

Zadaniem wiedzy nie jest scholastyczne określanie zjawisk, lecz badanie ich wzajemnych zależności i związków. Jeżeli więc za zadanie fizyologicznej optyki postawimy zbadanie tych zmian fizyologicznych, jakie zachodzą w oku wraz z łączącemi go narzędziami, to dotychczasowe metody zupełnie nas do tego celu nie zbliżyły. Nie można bowiem uważać za badanie fizyologiczne różnorodnych przypuszczeń co do substancyi hypotetycznych, których istnienia nie sprawdzono, a których własności nic nie znamionuje.

Nie trudno też przekonać się, że fizyologiczne własności organu wzroku należy badać zupełnie inaczej niż dotychczas. Badania muszą mieć na celu nie spekulacye o substancyach wzroku, lecz badanie objawów rzeczowych, za pomocą których możemy rozpatrywać je tak samo objektywnie, jak zjawiska fizyczne.

Dlatego też i metody badań muszą być i będą zupełnie inne od tych, któremi posługuje się dotychczas fizyologiczna optyka.

Jeżeli za cel badania fizyologicznego zmysłu wzroku określimy poznanie zmian zachodzących w organie wskutek działania barw, to

Digitized by Google

słuszną będzie zasada, że zmiany związane ze sobą muszą odpowiadać sobie jednoznacznie, innemi słowy, że każdej zmianie jednej grupy zmiennych odpowiadać będzie zmiana innej grupy zmiennych [1]).

[1]) Należyte zrozumienie ważności i znaczenia takiej odpowiedniości jest dotychczas tak mało uświadomionem, (w badadaniach fizyologicznych prawie zupełnie niezrozumianem), że koniecznem jest wyjaśnić ją kilkoma uwagami.

Rozpatrzmy w tym celu kilka przykładów, zaczynając od zjawiska fizycznego przeobrażenia się pracy w ciepło, w przyrządzie Joula. W doświadczeniu tem mamy szereg zjawisk, jak opadanie ciężarka, wykonywującego pracę i poruszającego łopatki mieszadła, ruch cieczy, podnoszenie się temperatury cieczy. Zjawiska tu stoją w ściśle określonym związku, który formułujemy zwykle w ten sposób, iż mówimy, że pewna ilość pracy „przeobrażając" się w ciepło, wytwarza stałą jego ilość. Wyrażenie praca „przeobraża się w ciepło" może oznaczać tylko fakt opisowy, że przy pewnem urządzeniu istnieje stały związek pomiędzy ciepłem i pracą, pozwalający się określić liczebnie. Zmienia on jednak swe znaczenie, gdy będziemy zjawiska ciepła i pracy w pewien sposób interpretować „starać się zbadać ich istotę". Wówczas powstaje pytanie, jak przeobraża się istota pewnego zjawiska w istotę zjawiska innego. Przy interpretacyi mechanicznej zjawisk cieplnych zamianę tę wyobrażamy sobie w ten sposób, iż ruch widzialny pobudza do żywszego ruchu cząsteczki czy atomy cieczy, co uwydatnia się pod postacią podniesienia temperatury. W interpretacyi energetycznej będziemy musieli opisać, jakim zmianom uledz musi energia jako istota ruchu mechanicznego, aby stać się energią cieplną.

Przykład ten illustruje dostateczne, na czem polegało i na jakich założeniach opierało się wyjaśnienie przeistaczania się pewnej kategoryi zjawisk. Możliwem ono było wtedy, gdy przyjęto, że jakościowo różnorodne zjawiska są w istocie swej wyrazem zmian jednakowego we wszystkich zjawiskach substratu. „Przeobrażanie się jakościowe" było więc objawem zmian zachodzących w substracie. Takim substratem jednakowym były w interpretacyi mechanicznej atomy, lub wogóle pewne elementy materyi, takimże substratem byłaby energia Ostwalda etc.

Poznanie tego substratu i poznanie form jego przeobrażania się uważano za zadanie wiedzy. Pomijamy tutaj wielokrotnie już powtarzaną krytykę tej formy wyjaśniania zjawisk, zaznaczając tylko dwa warunki, jakim musiała ona czynić zadość: 1. Założenia dotyczące pierwotnego substratu i wyjaśnianie zmian zachodzących w substracie musiały być naoczne. 2. Zmiany te musiały wyrażać badaną następczość lub współistotność zjawiskową i prawa tej następczości.

Taka forma tłómaczenia zjawisk, przedstawia już w badaniach fizycznych i tych badaniach fizyologicznych, które zajmują się zjawiskami czysto fizyologicznemi, pewne trudności pojęciowe. Trudności te wzrastają przy badaniu psychofizycznem funkcyi zmysłów i ośrodków nerwowych.

Weźmy i tutaj dla zbadania ich określony przykład. Światło pewne działa na siatkówkę, powoduje tam pewne fotochemiczne procesy, te pobudzają nerw. Rozpatrując rzeczy zjawiskowo, mamy związek pomiędzy następującymi elementami, pomiędzy światłem, zmianami siatkówki, pobudzeniem nerwu etc. Interpretując związek ten w duchu mechanicznego pojmowania zjawisk, moglibyśmy powiedzieć, iż pewne drgania świetlne przeobrażają się w pewien ruch cząsteczek na siatkówce, te w ruch cząsteczek nerwu etc. etc. Interpretując w ten sposób nie natknęlibyśmy się znowu na żadne zasadnicze trudności, gdyby nie powstawało pytanie, gdzie powstaje ja-

Digitized by Google

Ta współistność zmian nie mówi jednak nic o ich jednorodności, ani też nie wyraża ich tożsamości. Badając związek, naprzykład, pomiędzy ciepłem a prądem elektrycznym otrzymujemy zależność, której forma wyrażenia zależeć będzie od jednostek, w jakich wyrażać będziemy własności prądu i od jednostek, w jakich wyrazimy własności cieplne.

Toż samo przy badaniu oka i zmian, jakie zachodzą w niem, w związku ze zmianami świetlnemi. Będzie to związek dwóch różnorodnych zjawisk, jego forma wyrażenia będzie zależała od tego, jak będziemy oznaczać bezpośrednio, objektywnie i rzeczowo badane zmiany barwne z jednej, a sprzężone z niemi zmiany fizyologiczne z drugiej strony.

Obydwie jednak kategorye zjawisk muszą być rozpatrywane w tej formie, w jakiej są one dane, t. j. jako zjawiska występujące obok siebie, a nie powinny być rozpatrywane tak, jak to ma miejsce dotychczas, gdzie zmiany fizyologiczne uważano jako wywołujące czucia.

42. Jeżeli nakoniec zapytamy, jak każe się zapatrywać nowa forma badania na otaczający świat, to odpowiedź brzmieć musi: pozostawia go ona zupełnie bez zmiany. Mechaniczny pogląd na zjawiska kazał uważać je za objawy bezjakościowe-mechaniczne. Opisowa forma badania zjawisk pozostawia jako świat pojęty naiwnie realnie niezmienionym.

---

kość barwy. Szeregiem prac starałem się wykazać, że „jakości“ tej nie można ani uważać za funkcyę nerwów, ani za związaną z funkcyą nerwów, wykazując jednocześnie, iż poszukiwanie jakości jako funkcyi systemu nerwowego jest tylko wynikiem takiej interpretacyi jakościowo danych zjawisk, która każąc uważać je za bezjakościowe, musi następnie dla „jakości“ znaleźć umieszczenie. Pytanie, gdzie należy szukać jakości, nie powstaje wogóle wcale, jeżeli jakościowych zmian, będących przedmiotem bezpośredniego badania, nie będziemy uważać za objawy bezjakościowe, zachodzące w pewnym substracie.

Digitized by Google

O stałości wrażenia zaledwie spostrzegalnego przy użyciu tonów czystych.

Przez

W. Heinricha.

Wniesiono na posiedzeniu Wydz. mat.-przyr. d. 8. stycznia 1900; ref. czł. Cybulski.

W pracy p. t.: O wahaniach natężenia zaledwie dostrzegalnych wrażeń optycznych i akustycznych [1]), podałem między innemi spostrzeżenie, że tony stałe o zaledwie spostrzegalnem natężeniu słychać stale bez zmian w natężeniu lub przerw w ciągłości, jak się to dzieje ze szmerami. Spostrzeżenie to jest zasadniczo ważne, zająłem się więc niem z całą uwagą, używając tonów czystych, które można otrzymać przez rezonancyę, a więc tonów piszczałek nadymanych lub rezonancyi rur szklanych, w których powietrze drga przez wprowadzenie płomyka, gazowego, nakoniec flaszek nadymanych. Używałem też tonów różnej wysokości, aby udowodnić, że spostrzeżenie stosuje się do wszystkich tonów tak wysokich jak i nizkich. We wszystkich przypadkach rezultat był jednakowy: stałość natężenia tonu zaledwie słyszanego.

Praca moja została powtórzoną w laboratoryum psychologicznem w Cornell-university. Rezultaty otrzymane przez Cooka [2]) zakomunikował Titchener.

Badacze ci posługując się tonami, jakie otrzymuje, się używając widełek poruszanych elektromagnetycznie i flaszki nadymanej powie-

[1]) Rozprawy Akademii, Wydział mat. przyrodniczy, tom XXXVI str. 214 i n.

[2]) The american journal of psychology. Tom XI str. 119.

Digitized by Google

trzem, stwierdzili istnienie zmian natężenia wrażenia. Starają się oni następnie wyjaśnić przyczynę różnicy pomiędzy obserwacyą moją a obserwacyą własną, przypuszczając, że w badaniu mojem nie dochodziłem do granicy słyszalności tonu, akcentując przytem trudność, z jaką granica ta daje się określać. Podnoszą przytem okoliczność, że w doświadczeniach moich sam tylko obserwowałem, a więc, że brak im stwierdzenia przez osobę trzecią.

Przypuszczenia te są niesłuszne. Brak stwierdzenia przez osoby trzecie nie mógł być źródłem błędu, przeciwnie ten właśnie wzgląd, że obserwacye robiłem tylko sam, zmuszał mnie do jeszcze bardziej skrupulatniejszego kontrolowania wyników. Ostrożność ta w danym razie była tem naturalniejsza, że spostrzeżenie braku zmiany w natężeniu zaledwie dosłyszalnych tonów przemawiało przeciwko przypuszczeniu, z którem przystępowałem do badań. Jak bowiem zaznaczyłem [1]), przypuszczałem rozpoczynając doświadczenia, że obserwowane zmiany w natężeniu wrażeń akustycznych stoją w związku z temi zmianami w napięciu błony bębenkowej, które powstają pod wpływem oddechu i pulsu. Skoro więc, badając natężenie tonów stałych, nie mogłem dostrzedz żadnych zmian, to pierwszą refleksyą, jaka się nasuwała, było przypuszczenie, że ton nie jest jeszcze dostatecznie słaby. Nic jednak łatwiejszego, jak zmienić natężenie tonu słyszanego tak, aby on nie był słyszany, lub był zaledwie słyszany. Nie rozporządzałem wprawdzie korytarzem o 46 metrach długości, jaki miało do dyspozycyi laboratoryum w Cornell-university, wynik ten jednak otrzymać można z równą ścisłością, jeżeli się tak jak ja, rozporządza szeregiem następujących po sobie pokoi. Co ważniejsza jednak zanik tonów czystych, lub dowolne zmienianie natężenia tonu można osiągnąć nawet w dość nieznacznej odległości od źródła, a to dzięki tworzeniu się stojących fal.

Jeżeli w przestrzeni zamkniętej wydajemy ton czysty i stały, wówczas fale, wychodzące z miejsca pobudzenia, spotykając się z falami odbitemi od ścian interferują się tworząc stałe miejsca silnego drgania powietrza i miejsca spokoju. W pierwszych ton jest słyszanym mocno, w drugich słabo, lub wcale go nie słychać.

Tak n. p. nadymając flaszkę słabo ale stale bez szelestu, otrzymałem ton, którego nie słyszałem zupełnie w odległości jednego metra od flaszki, natomiast bardzo silnie w odległości dwóch metrów.

Ton zupełnie zanika w węzłach wówczas tylko, gdy jest zupełnie czysty. Używając dźwięku złożonego z kilku tonów w węzłach tonu

[1]) Rozprawa cytowana, str. 247.

Digitized by Google

głównego następuje bardzo wybitna zmiana tonu. W tem miejscu ton główny zanika, tony drugorzędne natomiast, posiadające inną długość fali, występują wyraźniej. I tutaj jednak w pewnej odległości od źródła dźwięku, a dostatecznej, aby tony drugorzędne, słabsze, zanikły, otrzymuje się zjawisko czyste, a więc maxima i znikanie jednego tonu.

Zjawisko to, nie będące zresztą niczem osobliwem, podaję tutaj bardziej szczegółowo dlatego, że z jego pomocą można najłatwiej określić, z pewnem przybliżeniem, wysokość słyszanego tonu; powtóre zaś dlatego — i to jest w danym przypadku najważniejsze — że może ono służyć jako kryteryum czystości używanych tonów. W ten sposób można stwierdzić bezpośrednio, że widełki elektromagnetyczne nie dają tonu, zaś też nawet kilka tonów, lecz mieszaninę tonów najróżnorodniejszych, do której dołączają się wybitne szmery powstałe przez trzaskanie iskry.

Chciałbym jednak dodać, że zarówno w pierwszych mych badaniach jak i w tych, które obecnie podaję, dla uniknięcia wszelkich wątpliwości trzymałem się reguły, aby granice spostrzegalności tonu osiągnąć przez możliwie najdalsze oddalenie się od źródła, to jest, aby ton był zaledwie spostrzegalnym i w tych miejscach, gdzie według interferencyi przypadać powinno maximum natężenia.

Badania Cooka pomimo ich pozornej sprzeczności z mojemi już ze względu na jakość użytych źródeł dźwięku nie mogłem uważać za naruszające pewność otrzymanego przeze mnie wyniku.

Ja posiłkowałem się wszędzie tonami czystymi. Cook używał nie tonów, lecz mieszaniny tonów i szmerów. Było tak niewątpliwie, skoro używał widełek elektromagnetycznych, a jest bardzo prawdopodobne, że tak samo było, gdy używał butelki nadymanej powietrzem ścieśnionem.

Badania czystości tonów metodą podaną powyżej, nie pozwalają spostrzedz fal stojących, przy użyciu widełek elektro-magnetycznych, co znaczy, że używając widełek elektro-magnetycznych, otrzymujemy nie tony, lecz bardzo złożoną mieszaninę tonów i szmerów. Używając butelki można otrzymać tony czyste bez domieszek szmerów, należy jednak bardzo zwrócić uwagę na to, aby powietrze wychodziło strumieniem łagodnym. W tym celu powietrze ze zbiornika głównego, gdzie znajduje się ono pod silnem ciśnieniem, przeprowadzam do drugiego zbiornika (o kilkunastu litrach pojemności), dokąd wpada ono ze znacznym szmerem. Z drugiego zbiornika odpływa ono dopiero łagodnym strumieniem do flaszki nadymanej. Ten drugi zbiornik zostaje umieszczony w znacznej odległości od flaszki wydającej ton i okryty starannie tak, aby szmer powietrza został zupełnie przytłumiony.

Digitized by Google

O zachowaniu tej ostrożności Cook nic nie wspomina. Natomiast wprowadza on czynnik wpływający ujemnie na czystość tonu. Jest nim umieszczenie widełek, zarówno jak i flaszki nadymanej w pudełku o ścianach wybitych suknem. O ile spostrzeżenia moje upoważniają do ostatecznego wniosku, to tłumienie takie oddziaływa przedewszystkiem na tony, osłabiając w mniejszym stopniu szmery. Pochodzi to stąd, że tony wzmacniane zostają przez rezonacyę ciał stałych, na których stoją widełki. Wzmocnienie to ginie, skoro widełki stoją na miękkiej podstawie. Wskutek więc zamknięcia przedmiotów wydających dźwięki w pudełku wybitem suknem szmery uzyskują stosunkową przewagę nad tonami.

Wszystkie te względy tłómaczyły dostatecznie różnicę w wynikach.

Chcąc się jednak upewnić, iż spotrzeżenia i wywody moje dadzą się przez doświadczenie sprawdzić, powtórzyłem badania, obserwując tym razem nie sam, lecz uprosiwszy o to prof. Dra Cybulskiego, Dra Goldberga i Dra A. Wyczółkowską. Osobom tym składam na tem miejscu moje podziękowanie, zaznaczając szczególniej mą wdzięczność prof. Cybulskiemu, za udzielenie miejsca w zakładzie fizyologicznym, gdzie pracę niniejszą wykonałem.

Cel doświadczenia był dwojaki. Chodziło o sprawdzenie:

1. Czy, używając tonów czystych, można zauważyć zmiany natężenia, skoro tony te są zaledwie słyszane?

2. Jakie różnice pokaże użycie tonów powstałych przez elektromagnetyczne podtrzymywanie ruchu ciał sprężystych, drgających?

W pierwszym przypadku posługiwałem się rurami szklanemi, pobudzanemi do rezonancyi przez małe płomyki gazowe i flaszką nadymaną pod stałem ciśnieniem.

W jednym i drugim przypadku otrzymywałem tony zupełnie stałego natężenia, trwające bez zmiany dziesiątki minut. Szczególniej praktyczne okazuje się używanie rezonancyi rur szklanych. Przez staranne nastrojenie za pomocą zmiany wielkości płomyka i jego miejsca w rurce, otrzymuje się kilka zharmonizowanych tonów, połączonych w jeden dźwięk. Obecność ich uwidacznia się przez zmianę tonu słyszanego tam, gdzie ton główny w fali stojącej zanika.

Metodą fal stojących określiłem przybliżenie długość fali każdej rury. Oto rezultaty:

Rura szklana Nr. I. Długość rury 980 mm.; szerokość w przekroju 20·5 mm.; wysokość płomyka 119 mm.; długość fali tonu głównego 250 cm.

Rura szklana Nr. II. Długość rury 800 mm.; szerokość w prze-

Digitized by Google

kroju 16 mm.; wysokość płomyka 82 mm.; długość fali tonu głównego 200 cm.

Rura szklana Nr. III. Długość rury 499 mm.; szerokość w przekroju 15 mm.; wysokość płomyka 25 mm.; długość fali tonu głównego 150 cm.

Obok tego używałem tonu otrzymanego z flaszki nadymanej powietrzem pod ciśnieniem 0·1—0·02 atmosfery. Otrzymywałem ton równomierny i czysty, bez domieszki szmeru, o długości fali 400 cm. Ton był tak czysty, że w odległości 100 cm. od flaszki w miejscu pierwszego węzła nie słyszałem nic, pomimo bardzo wybitnego tonu w pierwszem maximum, a więc w odległości 200 cm. od flaszki.

W doświadczeniu drugiem, gdzie chodziło o sprawdzenie spostrzeżeń podanych przez Titchenera i Cooka, używałem przerywacza Kroneckera, składającego się ze sprężyny stalowej, drgającej, utrzymywanej w ruchu stałym za pomocą urządzenia identycznego z tem, jakie mają widełki elektromagnetyczne. Przerywacz ten dawał dźwięk czystszy i wolniejszy od szmerów, aniżeli widełki, jakiemi mogłem rozporządzać. Posiadał on jeszcze tę dogodność, że przez odpowiednie przesunięcie elektromagnesów można było regulować natężenie stosunkowe tonów i szmerów.

Przestrzeń, w jakiej robiłem doświadczenia, składała się z długiego korytarza na 26 metrów i dwóch przylegających na jego końcach pokoi. Korytarz wraz z długością obydwóch pokoi miał 40 metrów. Rozmierzenie doświadczenia było zrobione w ten sposób, że w jednym z pokoi umieszczony był przyrząd wydający tony w odległości 2 do 5 metrów od drzwi. Drzwi oddzielające pokój od korytarza były zamknięte, a badający powinien był oddalić się tak daleko, aby dojść do granicy słyszenia, to jest do odległości, poza którą nie było zupełnie słychać tonu.

Tutaj powinien był badający, słuchając uważnie przez czas dłuższy, określić, czy dźwięk słyszany był stały, czy też przerywany, lub przynajmniej zmienny co do natężenia.

Przed rozpoczęciem doświadczenia każdy z badających zapoznał się dokładnie ze zmianami natężenia, jakie okazuje kołatanie zegarka we wszystkich jego formach zmienności, zarówno więc w formie, kiedy szmer zegarka jest stały ulegając jedynie zmianom natężenia, jak i w formie, kiedy jest on przerywany.

Wszyscy badający z zupełną łatwością spostrzegali zmiany szmeru zegarka.

W pracy mojej zaznaczyłem trudność, jaką mi sprawiało znaczenie zmian. Ponieważ Titchener i Cook podkreślają to wyrażenie,

Digitized by Google

więc chciałbym tutaj zauważyć, że nie obserwowanie zjawiska, lecz dokładne jego notowanie sprawiało trudność. W pracy mojej chodziło o zbadanie współczesności zjawisk różnorodnych, aby więc rezultaty notowania mogły być porównywane, należało mieć pewność, że notowania są dokładne i w należytym wykonane czasie. Nabycie tej pewności wymagało wprawy i dłuższego ćwiczenia.

Rezultat obecnie powtórzonych doświadczeń jest następujący:

1. Wszyscy słuchający bez żadnej wątpliwości stwierdzili stałość tonów słyszanych na najskrajniejszej granicy słyszalności. Albo słychać było ton stale albo wcale go nie było słychać. Z chwilą jednak gdy dawał się dosłyszeć, był niezmiernie stały. Granica odległości, w której tony przestaje się słyszeć, jest indywidualnie różną, zależnie od ostrości słuchu; wogóle jednak, jak to słusznie zauważają Titchener i Cook, granica ta leży ogromnie daleko od źródła tonu. Wszystkie przeze mnie otrzymywane tony były słabe, o natężeniu mniej więcej średnio silnie potrąconych widełek. Pomimo jednak zamkniętych drzwi od pokoju, w którym wydawany był ton, Dr. W. słyszała go przez długość całego korytarza w środku pokoju będącego jego przedłużeniem i przez zamknięte drzwi, oddzielając drugi pokój od korytarza. Odległość więc od źródła dźwięku dochodziła do 35 metrów, przy zamkniętych dwojgu drzwiach pośrednich.

2. Wszyscy słuchający stwierdzili zmienność natężenia dźwięku wydawanego przez sprężynę drgającą (z wyjątkiem jednego przypadku, o którym mowa poniżej w protokóle). Wszyscy jednak zaznaczali trudność w spostrzeganiu zmiany, zaznaczając przytem, iż sam charakter zmian jest zupełnie odmienny od tego, jaki wykazują zmiany szmeru zegarka.

Dla dokładności podaję protokół z badania, w którem przyjmował udział prof. Dr. N. Cybulski:

Doświadczenia z dnia 17. listopada 1899 od godz. 10—12 wieczór.

I.

Próba z zegarkiem.

II.

Źródło dźwięku: przerywacz Kronekera w odległości 2·8 metrów od drzwi. Cewki ustawione tak, że daje on możliwie czysty ton. Drzwi od korytarza zamknięte. Granica słyszalności 26·5 metrów od drzwi pokoju z przyrządem.

Stałość natężenia słyszanego tonu.

Digitized by Google

III.

Źródło dźwięku: przerywacz ustawiony tak, że wydaje on trochę więcej szmeru, niż poprzednio. Reszta jak wyżej.

Granica słyszalności w odległości 25 metrów od drzwi.

Zmiany natężenia. Badający formułuje wrażenia swoje w ten sposób, iż wydaje mu się, jak gdyby zanikały peryodycznie szmery, ton zaś pozostawał niezmienny. Całość podlega zmianom falistym.

IV.

Źródło dźwięku. Rezonancya rury Nr. I.

Wysokość płomyka 119 mm. Odległość źródła dźwięku od drzwi 5 metrów. Drzwi od korytarza zamknięte. Granica słyszalności w końcu korytarza (26 metrów).

Stałość natężenia słyszanego tonu.

V.

Źródło dźwięku. Rezonancya rury Nr. III, umieszczonej w odległości 5 metrów od drzwi korytarza. Drzwi zamknięte. Wysokość płomyka 25 mm. Granica słyszalności: cały korytarz i trzy metry następującego pokoju (34 metrów).

Stałość natężenia słyszanego tonu.

VI.

Źródło dźwięku. Flaszka nadymana powietrzem pod ciśnieniem 0·02 atmosf. Odległość źródła dźwięku od drzwi korytarza 3 metry. Drzwi zamknięte. Granica słyszalności 13 metrów od drzwi.

Stałość natężenia słyszanego tonu.

Zestawiając rezultaty, mogę potwierdzić w zupełności pierwsze moje badania, z których wynikało, że zmiany natężenia wykazują tylko zaledwie spostrzegalne szmery, natomiast tony słychać stale.

Doświadczenia obecne zdają się dopełniać jeszcze poprzednie spostrzeżenie w tym duchu, że dźwięki zaledwie dostrzegalne, składające się z tonów i szmerów, okazują tem łatwiej zmiany natężenia, im bardziej zbliżają się do szmerów. Są natomiast tembardziej niezmienne, im więcej zbliżają się do tonów czystych.

Gdzie leży granica czystości tonu, w której następuje przejście od stałości do zmienności natężenia, jak przejście to się odbywa, jakimi muszą być szmery, aby przerwy i zmiany natężenia były możliwie wybitne, wszystko to są pytania, na które w tej chwili trudno dać odpowiedź. Można ją jednak otrzymać, badając zmienność zjawiska w zależności od zmienności jakości szmerów.

Digitized by Google

Na zakończenie chciałbym podać jedną jeszcze obserwacyę zakomunikowaną mi przez prof. Dr. Cybulskiego:

Struna skrzypcowa uderzona zamiera, wydając coraz to cichszy ton. Skoro po zaniknięciu tonu przybliżymy instrument do ucha, ton słychać ponownie, aż do powtórnego zaniknięcia i t. d. Ton taki jest zawsze jednak ciągły. Natężenie jego maleje stopniowo, nie wykazuje jednak żadnych przerw.

Toż samo, jak zaznaczyłem poprzednio, dzieje się podczas wsłuchiwania się w ton widełek strojowych.

Już w pracy mojej poprzedniej charakterystyczna różnica pomiędzy tonem a dźwiękiem wstrzymała mnie od prób tłómaczenia zjawiska.

Różnica ta mogłaby służyć za argument przeciwko przyjmowaniu „czynnika psychicznego“, jako przyczyny zjawiska, gdyż trudno byłoby zrozumieć, dlaczego owa apercepcya miałaby okazywać specyalne względy tonom. Sądzę jednak, że nie wielu znalazłoby się już dzisiaj badaczy, których zadawalniałyby „czynniki psychiczne“ jako forma tłómaczenia zjawisk. Mamy więc tutaj do czynienia bezwątpienia z zasadniczym faktem tyczącym się funkcyi przewodzenia dźwięku przez błonę bębenkową i ogniwa pośrednie do nerwów. Dopóki funkcya ta nie jest zbadana, trudno robić pozytywne przypuszczenia. Sądzę jednak, że nie długo będę mógł powrócić do pytania, opierając się na bardziej ścisłych podstawach doświadczalnych.

W ostatecznym rezultacie, stwierdzając słuszność moich spostrzeżeń, przyznać muszę słuszność i obserwacyom podanym przez Titchnera i Cooka, uważając tylko za błędne ich interpretacye. Titchner i Cook rozszerzyli pojęcie tonu czystego, o którem mówią moje doświadczenia, poza granicę dopuszczalną w fizyce. Badali oni nie tony, lecz mieszaninę tonów ze szmerami. Przyczem, wskutek umieszczenia przyrządu w pudełku obitem suknem, tłumili jeszcze sztucznie ton w stosunku do szmerów. Nic też dziwnego, że mogli oni obserwować zmiany natężenia. Otrzymywałem je i ja także, tylko że to nie były zmiany natężenia tonów.

Digitized by Google

Przyczynek do znajomości elektroujemnej natury rodników organicznych.

Przez

Stanisława Opolskiego.

Wniesiono na posiedzeniu Wyds. mat.-przyr. d. 2. kwietnia 1900; ref. czł. Radziszewski.

W niektórych połączeniach organicznych wodory, znajdujące się na węglu połączonym z jedną lub dwiema grupami kwasowemi, ulegają podstawieniu metalami — mają więc charakter wodorów kwasowych. Taki wpływ grup elektroujemnych spostrzeżono na nitroformie, kwasie diliturowym, połączeniach nitrowych alifatycznych i na estrach kwasu octoilooctowego i malonowego.

Szereg tych połączeń został znacznie powiększony przez doświadczenia Victora Meyera[1]) i jego uczniów[2]), robione na rozmaitych ketonach i nitrylach aromatycznych. Liczne ich prace wykazały, że grupa fenylowa umieszczona na jednym węglu z grupą karbonylową (ketonową) lub nitrylową — nadają atomowi wodoru tego węgla charakter kwasowy, objawiający się tem, że ten wodór daje się za pośrednictwem sodu wymienić na rodnik alkoholowy.

Wobec tego prawidła należałoby się spodziewać, że taka wymiana wodoru na rodnik alkoholowy, powinna się dać przeprowadzić także w dwubenzyloketonie ($C_6H_5 - CH_2 - CO - CH_2 - C_6H_5$).

[1]) Ber. d. d. ch. G. 20—534 i 2946.

[2]) Oelkers, Rattner, Schneidewind, Päpke, Ney, Knoevenagel, Bischoff i Wege. Ber. 21, 22, 24.

Digitized by Google

Tymczasem powzięte pod tym względem badania Rattnera[1]), jednego z uczniów V. Meyera, nie stwierdziły jasno tego przypuszczenia. Bardzo jest możliwe, że tylko nieszczęśliwy dobór rodników (benzylowego i izobutylowego) lub przypadkowe warunki działania nie pozwoliły Rattnerowi dojść do ostatecznego rozstrzygnięcia tej kwestyi. To też z polecenia prof. Radziszewskiego zająłem się nią ponownie.

Przedsięwzięte w tym celu moje doświadczenia wykazują, że działając na dwubenzyloketon, w warunkach podanych przez V. Meyera i Oelkersa[2]), jodkiem metylowym lub etylowym, otrzymuje się produkty podstawienia jednego wodoru przez grupę metylową względnie etylową. Natomiast wodór drugiej grupy metylenowej nie ulega już takiemu podstawieniu. Prawdopodobnie więc przez wstąpienie rodnika alkoholowego do jednej grupy metylenowej — zostaje wpływ grupy karbonylowej na drugą z nich tak osłabiony, że wodory jej nie posiadają już charakteru kwasowego.

W ciągu badań, które są treścią niniejszej rozprawy, wielce mi były pomocnemi wskazówki i rady profesora dra Bronisława Radziszewskiego, któremu też składam za nie najserdeczniejsze podziękowanie.

Dwubenzyloketon czyli *dwufenyloaceton*

otrzymałem sposobem podanym przez Radziszewskiego[3]), t. j. przez suchą destylacyę fenylooctanu barowego. Tworzy on kryształy przeźroczyste, żółtawo zabarwione, topiące się w 30° C. Poddany destylacyi, przechodzi w 237°C. pod ciśnieniem 120 mm. jako ciecz oleista, lekko żółtawa, której gęstość w 18° wynosi 1·0697 ($d_{cor} = 1·0681$). Współczynnik załamania światła (n_D) oznaczony refraktometrem Abbego w 18° równa się 1·5711. Stąd obliczona refrakcya drobinowa [64·49] dostatecznie się zgadza z obliczoną teoretycznie [64·64].

Działając na dwubenzyloketon (1 drob.) chlorowodorkiem hydroksylaminu (2 drob.) i sodą żrącą (6 drob.) w rozczynie, alkoholowym otrzymałem tegoż oksim, który, po przekrystalizowaniu z alkoholu, tworzy piękne, jedwabiste igiełki, topiące się w 120°, nieco rozpuszczalne w wodzie wrzącej, łatwo w alkoholu i eterze.

---

[1]) Ber. 21—1316.
[2]) Ber. 21—1295.
[3]) Ber. 3—198.

Digitized by Google

Metylodwubenzyloketon.

$$C_6H_5 - CH(CH_3) - CO - CH_2 - C_6H_5.$$

Mając dokładnie — bo przez kilkakrotną krystalizacyę — oczyszczony dwubenzyloketon, usiłowałem podstawić w nim wodory grup metylenowych w sposób podany przez V. Meyera i Oelkersa (l. c.). Do alkoholanu sodowego utworzonego z 2 gr. sodu, wsypałem 10 gr. suchego dwubenzyloketonu i ogrzewałem na łaźni wodnej. Po kilku minutach utworzyła się w kolbie ciecz ciemno-żółta, pokryta jaśniejszą skorupą. Wtedy wlałem częściami 24 gr. jodku metylowego, dokładnie osuszonego bezwodnikiem fosforowym. Zawartość kolby wrze gwałtownie już przy słabem ogrzaniu na łaźni wodnej, przyczem spada biały proszek jodku sodowego. Po kilkunastuminutowem ogrzewaniu reakcya jest skończoną. Oddestylowałem zatem alkohol i nadmiar jodku metylowego, a pozostałość wstrząsałem z potrójną objętością wody tak długo, aż cała ilość jodku sodowego rozpuściła się. Ciecz oleistą, która się od tego rozczynu oddzieliła, wyciągnąłem eterem, osuszyłem i po odparowaniu eteru przedestylowałem pod zmniejszonem ciśnieniem.

W temperaturze 215° (217°) C. pod ciśnieniem 44 (52) mm. przechodzi ciecz oleista, o delikatnym, przyjemnym zapachu. Ciecz ta oziębiana przez dłuższy czas do — 16° gęstnieje, ale nie zestala się.

Analiza jej dała następujące rezultaty:

1. 0·1844 gr. substancyi dało 0·5800 gr. CO_2 i 0·1176 gr. H_2O
2. 0·1608 „ „ „ 0·5049 „ CO_2 i 0·0997 „ H_2O

	Znaleziono:		Obliczono dla:		
	1.	2.	$C_{15}H_{14}O$	$C_{16}H_{16}O$	$C_{17}H_{18}O$
C:	85·78%	85·63%	85·71%	85·71%	85·71%
H:	7·08%	6·88%	6·66%	7·14%	7·56%

Wyniki analizy wskazują zatem niedwuznacznie, że związek ten nie jest dwumetylodwubenzyloketonem ($C_{17}H_{18}O$), który mógłby tu powstać. Czy jednakże jest on niezaatakowanym dwubenzyloketonem ($C_{15}H_{14}O$), czy też metylodwubenzyloketonem ($C_{16}H_{16}O$), nie można stanowczo osądzić ze względu na podobieństwo składu chemicznego obydwu tych połączeń.

Digitized by Google

Dla rozstrzygnięcia tej wątpliwości oznaczyłem refrakcyę drobinową otrzymanego związku. Ciężar gatunkowy oznaczony w 18° wynosi 1·0357 ($d_{cor} = 1·0341$), współczynnik załamania światła w tej samej temperaturze 1·5548 ($n_D^{18} = 1·5554$), a z danych tych obliczona refrakcya drobinowa 69·38 zgadza się z teoretyczną refrakcyą obliczoną dla metylodwubenzyloketonu 69·24. Ta zgodność, jakoteż poniżej podana zawartość azotu w oksimie tego związku są niewątpliwym dowodem, że otrzymany związek jest metylodwubenzyloketonem.

Aby się przekonać, czy obok niego nie tworzy się równocześnie dwumetylodwubenzyloketon, starałem się ułatwić mu warunki powstawania. W tym celu zwiększałem ilość użytego do reakcyi sodu do 4 gr., a jodku metylowego do 40 gr. Jednak zawsze otrzymywałem tylko metylodwubenzyloketon. Taksamo bez dodatnich rezultatów pozostały próby otrzymania dwumetylodwubenzyloketonu działaniem jodku metylowego i alkoholanu sodowego na metylodwubenzyloketon. Otrzymywana ciecz wrzała w tych samych temperaturach, co i metylodwubenzyloketon, miała te same własności fizyczne ($d_{12} = 1·0364$, $n_D^{12} = 1·5563$) i tę samą zawartość węgla i wodoru (85·54% 7·25%).

Metylodwubenzyloketon przechodzi stosunkowo łatwo w

oksim metylodwubenzyloketonu.

$$C_6H_5 - CH(CH_3) - C(=N-OH) - CH_2 - C_6H_5$$

Do roztworu 10 gr. ketonu w 140 gr. alkoholu dodałem stężone, wodne rozczyny 6·5 gr. chlorowodorku hydroksylaminu i 12 gr. sody żrącej. Mieszaninę tę ogrzewałem przez 8 godzin na łaźni wodnej, a następnie zobojętniłem rozcieńczonym kwasem solnym i rozcieńczyłem podwójną objętością wody. Delikatny, kłaczkowaty osad, który po kilkunastu godzinach wydzielił się, odsączyłem od małej ilości przylegającego do niego, niezaatakowanego ketonu i po osuszeniu przekrystalizowałem z alkoholu.

W ten sposób otrzymałem przeźroczyste kryształki trudno rozpuszczalne w gorącej wodzie, łatwo w alkoholu i eterze, topiące się w 136·5° C.

Podczas oznaczania zawartości azotu dało:

1. 0·4373 gr. substancyi — 22·8 cm^3. azotu w 22° C. i pod ciśnieniem 741 mm.
2. 0·2920 gr. substancyi — 15·8 cm^3. azotu w 21° C. i pod ciśnieniem barometrycznem 743 mm.

Digitized by Google

Wyniki te odpowiadają oksimowi metylodwubenzyloketonu ($C_{16}H_{17}NO$), gdyż

	Znaleziono		Obliczono dla $C_{16}H_{17}NO$ [1]
N:	5·75%	6·02%	5·85%

Etylodwubenzyloketon.

$$C_6H_5 - CH(CH_2CH_3) - CO - CH_2 - C_6H_5$$

Na 10 gr. dwubenzyloketonu działałem alkoholanem sodowym, utworzonym z 2 gr. sodu, a następnie 30 gramami jodku etylowego. Reakcya przebiegała łatwo. Oczyszczony produkt działania poddałem kilkakrotnej destylacyi pod zmniejszonem ciśnieniem. Pod ciśnieniem 66 mm. destylowała w 232° C. ciecz oleista, bezbarwna, o słabym przyjemnym zapachu. Ciecz ta zestaliła się po dłuższem staniu w niskiej temperaturze, a wydzielone delikatne, igiełkowate kryształki przekrystalizowane z alkoholu, topiły się w 48° C, a stopione zestalały się już w zwykłej temperaturze.

Analiza tego ciała dała następujące wyniki:

1. 0·1692 gr. substancyi dało 0·5304 gr. CO_2 i 0·1154 gr. H_2O.
2. 0·1911 „ „ „ 0·6025 „ CO_2 i 0·1294 „ H_2O.

	Znaleziono więc		Obliczono dla
	I.	II.	$C_6H_5 - CH(C_2H_5) - CO - CH_2 - C_6H_5$ [2]
C:	85·49%	85·98%	85·71%
H:	7·57%	7·52%	7·56%

A zatem otrzymany związek jest etylodwubenzyloketonem. Jego ciężar gatunkowy oznaczony przed zestaleniem się w 18° C wynosi 1·0115 ($d_{cor} = 1·0101$), współczynnik załamania światła w tej samej temperaturze równa się 1·5448. Stąd obliczono refrakcyę drobinową 74·35, podczas gdy teoretycznie obliczona równa się 73·84.

[1]) Oksim dwubenzyloketonu zawiera 6·22%, dwumetylodwubenzyloketonu 5·53% azotu.

[2]) Dwuetylodwubenzyloketon zawiera 85·71% C. i 8·27% H.

Digitized by Google

Ponieważ zwiększanie ilości sodu i jodku etylowego w celu otrzymania dwuetylodwubenzyloketonu zawiodło, więc działałem jodkiem etylowym na etylodwubenzyloketon. Otrzymana ciecz wrząca pod ciśnieniem 56 mm. w 229° C zestaliła się po destylacyi o wiele łatwiej, aniżeli produkt działania jodku etylowego na dwubenzyloketon, w ciało stałe, topiące się w 48° C, co jest dowodem, że etylodwubenzyloketon nie został zaatakowany.

Z etylodwubenzyloketonu otrzymałem

oksim etylodwubenzyloketonu

$$C_6H_5 - CH(CH_2 - CH_3) - C(=N - OH) - CH_2 - C_6H_5.$$

przez sześciogodzinne ogrzewanie 10 gr. ketonu z 6 gr. chlorowodorku hydroksylaminu i 12 gr. sody żrącej w rozczynie alkoholowym, nieco rozcieńczonym. Produkt reakcyi zobojętniłem rozcieńczonym kwasem solnym, rozcieńczyłem wodą, a osad wydzielony po kilkunastu godzinach przekrystalizowałem z alkoholu. Otrzymane przeźroczyste kryształki topią się w 102·5° i są trudno rozpuszczalne we wrzącej wodzie, łatwo w alkoholu i eterze.

1. 0·1711 gr. oksimu dało 8·8 cm.³ azotu w 17° i pod ciśnieniem barometrycznem 735 mm.
2. 0·1702 gr. oksimu dało 8·92 cm.³ azotu w 19·5° i pod ciśnieniem barometrycznem 736 mm.

	Znaleziono więc		Obliczono dla
	I.	II.	$C_{17}H_{19}NO$
N:	5·70%	5·75%	5·53%

Digitized by Google

Otrzymanie chlorofilu w stanie czystym, widmo chlorofilu i barwika zielonego, towarzyszącego mu w liściach.

Przez

L. Marchlewskiego i C. A. Schuncka.

Wniesione na posiedzeniu Wydz. mat.-przyr. d. 2. kwietnia 1900.

I.

Pomimo licznych badań sprawa widma chlorofilu w opinii niektórych autorów nie może być uważana za załatwioną. Zagadnienie to jest bez kwestyi jednem z najtrudniejszych, z jakiemi badacz ma do czynienia, a sprzeczność poglądów tłómaczy się głównie różnicą metod stosowanych do jego rozwiązania.

Chlorofil jest ciałem nader wrażliwym na wszelkie odczynniki, zwykle stosowane do wyosobniania produktów roślinnych i nieuwzględnianiu tej prawdy przypisać należy okoliczność, że nazywano „chlorofilem“ ciała, które na nazwę tę żadną miarą nie zasługują.

W celu rozstrzygnięcia pytania czy produkt, wyosobniony zapomocą mniej lub więcej skomplikowanych procesów, jest w istocie chlorofilem niezmienionym, należy go poddać studyom porównawczym zarówno chemicznym jak i fizycznym, czego dotychczas nie uwzględniono w należytym stopniu.

Metoda fizyczna jest to od dawna praktykowana widmowa. Własności widmowe ciała badanego należy porównać z własnościami roztworów, co do których niema wątpliwości, że zawierają chlorofil niezmieniony.

Trzeba jednak przyznać, że nawet co do własności takich niezmienionych roztworów chlorofilu badacze nie są zupełnie jednomyślni.

Digitized by Google

Jedni przyjmują za normę widmo chlorofilowe od dawien dawna w podręcznikach opisywane, inni zaś, a pomiędzy nimi na szczególną uwagę zasługują Hansen i Hartley, opisom tym odmawiają wszelkiego znaczenia, a normalne widmo chlorofilu odtwarzają na zasadzie danych, otrzymanych podczas badania produktów, wyosobnionych w mniej lub więcej skomplikowany sposób i uważanych przez nich za chlorofil czysty. Rezultat badań Hansena oświetliły dostatecznie prace Tschircha i E. Schuncka i Marchlewskiego, badacz ten nie miał do czynienia z chlorofilem lecz z jego pochodną. To samo można powiedzieć o produkcie opisanym przez Hartleya, o czem mamy nadzieję przekonać interesowanych w rozprawce niniejszej.

Jak wiadomo surowe wyciągi liści zielonych wywołują w widmie ciągłem cztery smugi w obszarze pomiędzy liniami słonecznemi B i F. Stopień ciemności trzech pierwszych smug jest mniej więcej ten sam we wszystkich świeżo przygotowanych wyciągach, lecz intenzywność czwartej smugi w pobliżu linii E waha się znacznie; niekiedy jest ona ciemniejsza niż trzecia, niekiedy zaledwie widzialna, fakt nasuwający przypuszczenie (E. Schunck), że czwarta owa smuga nie jest swoista chlorofilowi niezmienionemu, a natomiast powodowana przez jakąś pochodną chlorofilu. Zachodzi teraz pytanie, czy owe cztery smugi, a przynajmniej trzy pierwsze [1]), które wywoływane też są, według kilku badaczów, przez liście żyjące, charakteryzują ciało jednolite, chlorofil, czy też wywołane są przez dwa lub więcej ciał odmiennych. Co do nas, to przyłączamy się do większości i twierdzimy, że trzy pierwsze smugi wywołane przez surowe wyciągi roślinne są w istocie powodowane wyłącznie przez chlorofil i że ciało to powoduje też trzy smugi, zauważone w widmie surowych wyciągów liści poza linią F. Twierdzenie to opieramy na tem, że udało nam się wynaleźć metodę umożliwiającą wyosobnienie chlorofilu w czystym stanie, którego roztwory zachowują się optycznie tak, jak surowe wyciągi liści zielonych. Wobec tego uważamy, że ciało wyosobnione zapomocą jakiejkolwiek metody z wyciągów surowych nie może rościć sobie pretensyi do nazwy „chlorofil," jeżeli własności jego optyczne nie zgadzają się pod tym względem z widmem absorbcyjnem, wyżej omówionem. Opis naszej metody wyosobniania chlorofilu w stanie czystym odkładamy ze względów praktycznych na koniec niniejszej rozprawy, a przedewszystkiem omówimy rezultaty otrzymane stosując metodę Hartleya [2]) do wyosobniania ciała, zwanego przez tego autora chlorofilem błęki-

[1]) Porównaj L. M. Journal für practische Chemie, tom 60. str. 23.

[2]) Journal of the Chemical Society London 1891.

Digitized by Google

tnym, mającego posiadać widmo absorbcyjne identyczne z widmem surowych wyciągów zielonych. Opis ostatniego przez Hartleya różni się bardzo znacznie od zwykle spotykanych. Według niego niezmieniony chlorofil nie powoduje smugi w pomarańczowej części widma, a natomiast dwie smugi w miejscu odpowiadającem pierwszej smudze chlorofilu, zwykle uważanej za charakterystyczną i jedną smugę w części zielonej [1]).

Metoda Hartleya wyosobniana „błękitnego chlorofilu" polega na działaniu wodanu barowego na wyskokowy wyciąg zielonych liści w temperaturze zwykłej. Osad zielony zbiera się na filtrze przemywa wodą, alkoholem i chloroformem, w celu wydzielenia ciała, zwanego przez niego „chlorofilem żółtym," następnie rozciera się go w moździerzu z kwasem bornym, gliceryną i wyskokiem. Kwas borny rozkłada związek barowy, a wyskok rozpuszcza w sobie wolny barwnik zielony. Część tego roztworu zadaliśmy wodą i barwik wyciągnęli eterem. Otrzymany roztwór eterowy porównano spektroskopowo z eterowym roztworem chlorofilu otrzymanym w ten sam sposób z surowego wyciągu liści. Zauważyliśmy przy tem znaczne różnice. Stwierdziliśmy przedewszystkiem, że barwik Hartleya, badany w roztworze stężonym powoduje cztery smugi, z pomiędzy których położona w czerwonej części widma jest najintenzywniejsza i szeroka i odpowiada mniej więcej pierwszej smudze chlorofilu; położenie zaś pozostałych trzech jest zupełnie inne, niż w przypadku chlorofilu, a w części pomarańczowej smugi nie zauważono. Różnica pomiędzy oboma barwikami występuje jeszcze wyraźniej przy porównaniu roztworów bardzo rozcieńczonych. Jeżeli mianowicie rozcieńczymy roztwór barwika Hartleya tak dalece, że smugi w silniej załamanej części widma znikną, wtedy zauważymy, że smuga w czerwonej części widma, uprzednio jednolita, staje się podwójną, przyczem nowo powstająca smuga położona bliżej infraczerwieni jest ciemniejsza i szersza niż smuga silniej załamana. Smuga zaś charakterystyczna chlorofilu nie ulega rozszczepieniu przy żadnem rozcieńczeniu. Opierając się na wyniku tego porównania twierdzimy, że wodan barowy użyty nawet w temperaturze zwykłej działa rozkładająco na chlorofil. Powstaje przytem ciało, którego własności optyczne są zbliżone, lecz nieidentyczne z własnościami alkachlorofilu, niemające podobieństwa do chlorofilu właściwego. Chcąc wynik ten poprzeć jeszcze w inny sposób, badaliśmy przemiany barwika Hartleya pod wpływem kwasu solnego,

[1]) W sprawie tej smugi Hartley nie wyraża się wprawdzie jednoznacznie; niekiedy nie wspomina o niej wcale w związku z widmem chlorofilu.

Digitized by Google

porównywając produkt otrzymany z filoksantyną i filocyainą, ciałami powstającemi, jak wiadomo, z chlorofilu zwykłego w warunkach analogicznych.

Zgodnie z przewidywaniami barwik Hartleya ciał wspomnianych nie dał, a natomiast filotaoninę. Doświadczenie to można wykonać w kilku minutach. Roztwór barwika Hartleya w wyskoku, zawierający jednak nieco gliceryny, zadaje się stężonym kwasem solnym. Barwa roztworu uprzednio błękitno zielona ustępuje natychmiast miejsca szaro zielonej. Płyn rozcieńcza się wodą i mieszaninę traktuje eterem; widmo roztworu eterowego okazało się identyczne z widmem filotaoniny [1]). Zachowanie się więc barwika Hartleya jest zasadniczo różne od chlorofilu, a w porównaniu z alkachlorofilem różnica daje się zauważyć o tyle, że ostatnio wspomniane ciało w podobnych warunkach daje stale t. zw. eter filotaoninowy, którego widmo różni się znacznie od widma filotaoniny. Zauważyliśmy jednak niejednokrotnie, że roztwór eterowy, zawierający produkt działania kwasu na barwnik Hartleya daje po dłuższym staniu widmo eterów filotaoniny, fakt, który wskazuje może na to, że filotaonina uległa eterefikacyi pod wpływem chlorku etylu. który mógł być obecny w małych ilościach. Pod innym względem alkachlorofil i barwik Hartleya zachowują się najzupełniej analogicznie, t. j. roztwory ich zadane octem lodowym i odparowane niemal do sucha, dały produkty, które po traktowaniu wodą i ekstrachowaniu eterem dały roztwory, posiadające widmo acetylofilotaoniny. Chlorofil, jak wiadomo, zachowuje się pod wpływem octu lodowego zupełnie inaczej.

Co się tyczy wreszcie widma poza linią F, to i pod tym względem barwik Hartleya różni się od chlorofilu. Jak wykazano dawniej [2]) chlorofil wywołuje w tej części widma trzy smugi, podczas gdy barwik Hartleya daje tylko jedną. położoną podobnie jak smuga alkachlorofilu na linii Kβ. Rezultat ten otrzymaliśmy na drodze fotograficznej.

Wynik więc badań naszych nad t. zw. chlorofilem błękitnym Hartleya daje się streścić, jak następuje: Barwik ten nie jest chlorofilem, lecz jego pochodną. Wodan barowy działa na chlorofil rozkładająco nawet w temperaturze zwykłej, tworząc ciało zbliżone do alkachlorofilu, lecz z nim. zdaje się, nieidentyczne. Pod wpływem kwasów barwik Hartleya daje filotaoinę lub jej t. zw. etery, a nie filo-

[1]) Widmo filotaoniny poddaliśmy ponownym badaniom szczegółowym i wyniki otrzymane ogłosimy niebawem.

[2]) C. A. Sch. Proc. Roy. Society, tom 65. str. 177.

Digitized by Google

ksantynę lub filocyaninę. W zastosowaniu do zagadnień fizyologicznych pogląd Hartleya na widmo chlorofilu może prowadzić do błędów, odnosząc się do pochodnej chlorofilu nigdy nie spotykanej w liściach, a nie do chlorofilu niezmienionego.

II.

Wodan barowy powoduje, jak zaznaczono, w surowym wyciągu chlorofilowym osad, przedstawiający sól barową „chlorofilu błękitnego" Hartleya. Przesącz alkaliczny od tego osadu daje po dłuższem staniu jeszcze nieco osadu, a filtrat ponowny ma barwę żółtą i zawiera barwiki szeregu ksantofilów, których dotychczas rozróżniamy trzy. Przesącz ten nie powoduje żadnych smug w mniej załamanej części widma ciągłego, poza linią zaś F wykryć można obecność czterech smug, z których pierwsza jest widzialna gołem okiem, a o istnieniu trzech pozostałych przekonać się można najlepiej na drodze fotograficznej, używając soczewki kwarcowe, pryzmat islandzki, zaledwie rozszczepiający linię sodową D i lampę żarową Welsbacha o sile 60 świec.

Badanie pierwszego, wyżej wspomnianego przesączu przekona natychmiast o obecności w nim ciała, powodującego smugę w czerwonej części widma, która biorąc dostatecznie szeroką warstwę płynu, okaże się bardzo ciemną i szeroką, lecz w nieco odmiennem położeniu niż pierwsza smuga charakterystyczna chlorofilowa. W porównaniu mianowicie z ostatnią zdaje się być przesuniętą w kierunku fioletowej części widma, o mniej więcej czwartą część jej szerokości. Smug odpowiadających drugiej i trzeciej smudze chlorofilowej nie można spostrzedz, używając nawet bardzo stężonych roztworów, względnie szerokich warstw płynu. Porównywając rozcieńczony roztwór chlorofilowy, którego pierwsza smuga jest tylko wązką, i dobierając odpowiednio warstwę wspomnianego przesączu w ten sposób, aby obie smugi były jednakowej szerokości, zauważyć można przy odpowiedniem stężeniu płynów, że brzeg mniej załamany smugi chlorofilowej dotyka się brzegu więcej załamanego smugi przesączu; ostatnia będzie jednocześnie o połowę jaśniejszą niż poprzednia.

Przesącz ów zawiera według Hartleya t. zw. chlorofil żółty, w rzeczywistości jednak mamy tu do czynienia, jak z wyżej powiedzianego wynika, z mieszaniną barwików grupy ksantofilowej, niepowodujących smug w czerwonej części widma i nowego barwika dotychczas bliżej nie badanego, powodującego smugę w czerwonej części widma podobnie, jak chlorofil właściwy.

Digitized by Google

Postawiliśmy sobie za zadanie zbadać czy barwik ów istnieje jako taki w surowych wyciągach liści zielonych, czy też powstaje pod wpływem wodanu barowego z chlorofilu właściwego i wreszcie udowodnić, że jest z pewnością odmienny od chlorofilu. Co do pytania ostatniego to właściwie nie może już być wątpliwości, że mamy do czynienia z dwoma różnemi ciałami, na zasadzie stosunków w widmach obu barwików. Nowy bowiem barwik nie powoduje w obszarze pomiędzy liniami B i F więcej niż jednę smugę (w czerwonej części widma). Innym dowodem w tej mierze są fakty następujące: surowy wyciąg chlorofilowy, zadany kwasem solnym daje dwie smugi po obu stronach linii Kβ w fioletowej części widma. Przesącz zaś traktowany w ten sam sposób daje tylko jednę smugę na tejże linii. Odczyn ten jest nadzwyczajnie czuły, albowiem chcąc mieć wydatne obrazy fotograficzne, stężenie płynów w tych razach winno być nader małe, skutkiem czego ilość stosunkowa obecnych barwików grupy ksantofilowej jest znikoma, niemogąca mieć wpływu na wynik, wiemy bowiem z doświadczenia, że w przypadku barwików tego szeregu płyny muszą być stosunkowo bogate w nie, w przeciwnym razie płyta smug nie wykaże wcale.

Barwa wspomnianego przesączu jest z pewnością mieszana. Dominująca barwa żółta powodowana jest przez ksantofile i po ich usunięciu, otrzymuje się roztwór zielony, bardzo pod tym względem zbliżony do roztworów surowych chlorofilowych. Usunięcie ksantofilów, przynajmiej częściowe, udało się uskutecznić w sposób następujący. Roztwór wyskokowy (przesącz) przemywa się, po dodaniu niewielkiej ilości wody, kilkakrotnie czystym siarkiem węgla; ostatni rozpuszcza w sobie ksantofile zostawiając nowy zielony barwik w alkoholu. Roztwór ostatni fluoryzuje czerwono; powoduje jednę smugę w czerwonej części widma zupełnie tak, jak pierwotny przesącz, nie jest jednak zupełnie wolny od ksantofilów, o czem można się przekonać, badając fotograficznie widmo jego poza linią F lub przez dodanie odrobiny proszku węgla kostnego, który pochłania barwik zielony, dając płyn czysto jasno żółty. Wypada zresztą zaznaczyć, że opisane częściowe wyosobnianie owego barwika zielonego nie zawsze się udaje, albowiem obecny on jest tylko w bardzo małych ilościach i ponieważ nie jest bynajmniej zupełnie nierozpuszczalny w siarku węgla.

Chcąc udowodnić, że nowy ten barwik (którego zresztą nie można nazwać z Hartleyem „chlorofilem żółtym," ponieważ wcale takiej barwy nie posiada) nie jest rezultatem li tylko działania wodanu barowego na chlorofil, staraliśmy się wyosobnić go sposobem Sorbyego

Digitized by Google

nie posługując się żadnymi odczynnikami chemicznymi. Usiłowania nasze nie dały zupełnie zadawalających rezultatów, nie mogliśmy bowiem oddzielić chlorofilu od nowego barwika całkowicie, zdołaliśmy jednak otrzymać roztwory, w których ilość ostatniego w stosunku do chlorofilu jest znacznie większa niż w wyciągach surowych, skutkiem czego byliśmy w możności sądzić o jego własnościach z dokładnością wystarczającą.

Wyciąg surowy liści kłócono kilkakrotnie temi samemi ilościami (na objętość) siarku węgla, skutkiem czego barwiki zielone i większa część żółtych opuszczały alkohol, rozpuszczając się w siarku węgla. W alkoholu pozostaje część barwików żółtych. Różne w ten sposób otrzymane roztwory siarko-węglowe zawierały barwiki w różnych stosunkach ilościowych, stosownie do rozpuszczalności, obecnych mas i t. d.

Pierwsza frakcya zawiera niemal wszystek chlorofil i znaczną ilość barwików żółtych, pomimo to barwa jej nie jest czysto zielona, a ma silny odcień oliwkowy, przyczynę tego omówimy później. Następne frakcye zawierają mniejsze i stopniowo zmniejszające się ilości chlorofilu, barwiki żółte obecne są w stosunkowo większych ilościach; barwa ich jest żółto-brunatna lub bursztynowo-żółta.

Badanie pierwszej frakcyi przekonało, że widmo jej różni się od zwykłego widma chlorofilowego w roztworze wyskowym tylko o tyle, że wszystkie smugi przesunięte są o mniej więcej ćwierć ich szerokości w kierunku infraczerwieni i że przestrzeń pomiędzy pierwszą a drugą smugą wydaje się nieco ciemniejszą. Rozcieńczając ten roztwór tak dalece, że pierwsza smuga chlorofilu okaże się tylko bardzo wązką, zauważymy po więcej załamanej jej stronie zciemnienie niewyraźne widma, którego jednak smugą nazwać nie można.

Druga frakcya daje bardzo odmienny rezultat. Widmo chlorofilu jest jeszcze widoczne, lecz bardzo słabe, a w blizkości pierwszej smugi chlorofilowej zauważyć można nową smugę, jaśniejszą od swego sąsiada. Następne frakcye dają ową nową smugę bardzo wyraźnie; jest ona tym razem ciemniejsza niż smuga chlorofilowa. Czwarta i następne frakcye dają tylko słabe smugi w mniej załamanej części widma z powodu niewystarczającej ilości obecnych w nich odnośnych barwików.

Drugą frakcyę siarko-węglową odparowano zwolna, przyczem barwiki nie ulegają rozkładowi. Pozostałość rozpuszczona w alkoholu nie daje owej nowej smugi tak wyraźnie, jak w roztworze siarkowęglowym, natomiast spostrzedz można zarysowany cień po stronie silniej załamanego brzegu pierwszej smugi chlorofilowej. Porównywając

Digitized by Google

ten roztwór z pierwszym przesączem, zawierającym „chlorofil żółty“ Hartleya, przekonamy się, że położenie wspomnianego cienia odpowiada najdokładniej pozycyi smugi czerwonej przesącza. Bliższe zastanowienie się przekona natychmiast, że cień w pierwszym przypadku i smuga w drugim powodują się przez to samo ciało, że, innemi słowy, obok chlorofilu właściwego surowe wyciągi liści zielonych zawierają ciało inne, także powodujące absorbcyę pewnych promieni czerwonych.

Pozostaje nam jeszcze wyświetlić niektóre szczegóły opisanych zjawisk. Zachodzi przedewszystkiem pytanie, dlaczego smuga nowego barwika występuje wyraźnie w roztworach siarko-węglowych, zawierających jednocześnie chlorofil, a tylko pod postacią cienia od pierwszej smugi chlorofilowej w roztworze wyskokowym.

Przyczyna tej różnicy tkwi w różnym wpływie rozpuszczalnika na smugi obu barwików. Położenie smugi nowego barwika pozostaje niemal to samo w roztworze wyskokowym i siarko-węglowym, lecz smuga chlorofilowa przesuwa się w roztworze siarko-węglowym w kierunku infraczerwieni, skutkiem tego w roztworze tym otrzymujemy wrażenie dwu smug. W roztworze wyskokowym natomiast smuga chlorofilowa przesuwa się w kierunku fioletowym i brzeg jej, jak to zaznaczono wcześniej, dotyka brzegu smugi nowego barwika, niweczące poniekąd indywidualność tej smugi. Co się tyczy faktu, że pierwsza frakcya siarko-węglowa nie daje wyraźnie smugi nowego barwika, to można go łatwo tłómaczyć małą jego ilością w tej frakcyi. Że tak jest w istocie, można wykazać w sposób następujący. Traktując pierwszą frakcyę siarko-węglową alkoholem można wyciągnąć rozpuszczone w niej barwiki, lecz w stosunku ilościowym odmiennym, niż w jakim są obecne w roztworze siarko-węglowym; barwik nowy mianowicie przechodzi do roztworu alkoholowego w stosunkowo większych ilościach. Zadając ów wyciąg alkoholowy wodą strącimy rozpuszczony w nim siarek węgla, który porywa z sobą barwiki, a badanie widma wykaże teraz obecność, obok innych, dwu smug w czerwonej części widma, zupełnie jak w drugiej pierwotnej frakcyi siarko-węglowej.

Co się tyczy widma absorbcyjnego w silniej załamanej części widma tych różnych frakcyi siarko-węglowych, to spostrzedz mogliśmy tylko albo smugi chlorofilu, albo barwików ksantofilowych, stosownie do tego, który z barwików przeważał. Wszystkie te roztwory dały smugę absorbcyjną przed linią F, której nie dały odpowiednie roztwory wyskokowe, i tej to okoliczności przypisujemy szczególną barwę pierwszej frakcyi siarko-węglowej. Smuga ta odpowiada, jak o tem

Digitized by Google

przekonaliśmy się, smudze pierwszej barwików ksantofilowych, gdy bada się je w roztworach siarko-węglowych, rozpuszczalnik ten ma więc własność przesuwania i smug barwików ksantofilowych, w kierunku czerwieni widma. Sorby wprawdzie sądzi, że smuga ta powodowaną jest przez „chlorofil żółty," sądząc jednak z opisu jego doświadczeń, przychodzimy do przekonania, że i badacz wspomniany miał do czynienia ze smugą barwików żółtych, niemających nic wspólnego z zielonym towarzyszem chlorofilu. Nie chcemy zresztą twierdzić, aby ostatni nie powodował wcale smug w silniej załamanej części widma , sądzimy tylko, że przypuszczenie takie tymczasem nie jest poparte żadnem doświadczeniem.

Wreszcie pozostaje nam wytłómaczyć fakt, dla czego nowy barwik zielony nie ma żadnego wpływu na widmo surowych wyciągów chlorofilowych. Łatwo można zrozumieć, ze i w tym przypadku przyczyną tego jest okoliczność, że ilość chlorofilu przeważa znacznie ilość towarzyszącego mu barwika nowego. W zwykle używanych stężeniach smuga pierwsza jest tak szeroka, że pokrywa przestrzeń zajmowaną przez wązką smugę nowego barwika, w roztworach zaś rozcieńczonych ilość ostatniego jest tak nieznaczna, że nie może mieć wogóle wpływu na widmo.

Nie możemy na razie rozstrzygnąć, czy nowy ów barwik, dla którego tymczasem nie proponujemy żadnej nowej nazwy, jest spokrewniony chemicznie z chlorofilem właściwym.

Zwrócimy jednak uwagę na tę okoliczność, że nie udało nam się otrzymać barowego jego związku, o którym mówi Hartley. Wszystkie obserwowane przez nas osady dały po rozłożeniu kwasem bornym, ciało odpowiadające „chlorofilowi błękitnemu," fakt, który wskazuje może na to, że nowy barwik przemienia się pod wpływem wodanu barowego w to samo ciało, które otrzymuje się z chlorofilu zwykłego.

III.

Jak widzimy, zadanie wyosobnienia chlorofilu w stanie czystym staje się tem więcej skomplikowane, im lepiej poznajemy skład surowych wyciągów zielonych liści. Chodzi nietylko o oddzielenie najrozmaitszych cial bezbarwnych i barwików szeregu ksantofilowego, ale także o usunięcie innego zielonego barwika, którego istnienie dotychczas nie było udowodnione z pewnością. Aczkolwiek i dziś nie mo-

Digitized by Google

żemy twierdzić, że rozwiązaliśmy ten problemat w zupełności, to jednak sądzimy, iż zrobiliśmy krok naprzód pod tym względem, wynalazłszy metodę, która umożliwia całkowite oddzielenie od chlorofilu barwików grupy ksantofilowej i nowego barwika zielonego, dającą więc produkt zupełnie jednolity, o ile chodzi o barwik, mogący jednak zawierać domieszki ciał bezbarwnych. Metoda wspomniana opiera się głównie na doświadczeniach, mających na celu stwierdzenie obecności nowego towarzysza chlorofilu zapomocą metody Sorby'ego. Świeży wyciąg liści [1]) (Ficus repens) dający zaledwie ślady czwartej smugi w zielonej części widma, zadaje się jednakową objętością absolutnie czystego siarku węgla i po kilku minutowem kłóceniu mieszaniny odpuszcza wyciąg siarko-węglowy. Ostatni zawiera większą część chlorofilu, nieco nowego, zielonego barwika i znaczną ilość barwików grupy ksantofilowej, obok pewnej ilości ciał bezbarwnych.

W celu wydzielenia zanieczyszczających barwików ekstrachuje się go kilkakrotnie temi samemi ilościami (na objętość) 82%-wego alkoholu.

Trzeci, w ten sposób otrzymany wyciąg alkoholowy bada się co do składu w sposób następujący. Przez dodanie wody strąca się rozpuszczony w nim siarek węgla; ostatni porywa z sobą rozpuszczone barwiki.

Część tego roztworu bada się zapomocą spektroskopu; jeżeli ostatni wykaże nieobecność smugi charakteryzującej nowy, zielony barwik, wtedy można być prawie pewnym, że następna, czwarta frakcya alkoholowa zawierać będzie tylko chlorofil (ewentualnie obok ciał bezbarwnych). W celu przekonania się, że tak jest w istocie, czwarty ów wyciąg zadaje się wodą, a wydzielony roztwór siarkowęglowy nie powinien dawać smugi przed linią F (na dowód, że nie zawiera barwików grupy ksantofilowej) i nie powinien też dawać smugi podwójnej w czerwonej części widma. Roztwór ten można odparować bez rozkładu; otrzymana pozostałość przedstawia się pod postacią masy miękkiej, woskowatej, rozpuszczającej się w wyskoku z barwą błękitnawo-zieloną. Wyskokowy roztwór daje normalne widmo chlorofilowe, chociaż zazwyczaj spostrzedz też można ślady smugi czwartej, w zielonej części widma. Poza linią F znajdują się trzy smugi w tem samem położeniu, jak smugi surowych wyciągów liści. Czy pozostałość owa przedstawia chlorofil zupełnie wolny od przymieszek bezbarwnych, o tem niestety dotychczas z pewnością orzec nie możemy, obawiamy

[1]) Przygotowany używając 82% alkoholu.

Digitized by Google

się też, że niepewność pod tym względem istnieć będzie tak długo, jak próby otrzymania go w stanie krystalistycznym pozostaną bez skutku. Z tego też powodu odkładamy sąd nasz o poglądzie, że chlorofil zaliczać należy do gromady lecytynów na później.

Manchester w Marcu 1900.

Digitized by Google

Sprawy wydzielnicze w komórkach pierwotnych gruczolaków i raków gruczolakowych wątroby.

Przez

S. Ciechanowskiego.

Wniesiono na posiedzeniu Wydz. mat.-przyr. d. 9. lipca 1900; ref. czł. Browicz.
(Z tablicą 2-gą).

Już przed kilku dziesiątkami lat otrzymał Hering zapomocą nastrzykiwania przewodów żółciowych obrazy, przemawiające za tem, że wśród protoplazmy komórki wątrobnej istnieje sieć kanalików wydzielniczych. Zważywszy jednak sposób, jakim posługiwał się Hering, można było wówczas obrazy te równie łatwo tłómaczyć, jako skutek metody, uważać za wytwór sztuczny; toteż badania Heringa nie nabrały większego rozgłosu i nie przypomniano ich sobie później nawet wówczas, gdy Kupffer opisywał swoje „wakuole", które szybko uzyskały prawo obywatelstwa we wszystkich podręcznikach.

Dopiero w r. 1897 zwrócił na owe, na pół zapomniane badania uwagę Browicz [1]), spostrzegając, niezależnie od dawniejszych badaczy,

[1]) „Śródkomórkowe kanaliki żółciowe, ich stosunek do wakuol Kupfera i do pewnej formy patologicz ej wakuolizacyi komórek wątrobnych". Rozprawy Wydziału matematyczno-przyrodniczego Akademii Umiejętności w Krakowie. Tom 34, str. 48.

„O patologicznym stanie jądra komórek wątrobnych, przemawiającym za tem, że jądro spełnia funkcyę wydzielniczą". Tamże str. 53.

„O budowie komórki wątrobnej". Tamże str. 57.

„O różnorodności złogów żółciowych śródkomórkowych w stanach chorobowych komórek wątrobnych pod względem barwy i stanu skupienia i o znaczeniu tej różnorodności". *Przegląd lekarski*, 1897, Nr. 23.

Digitized by Google

przy innym sposobie badania. — w komórkach wątrobnych u ludzi śródkomórkowe kanaliki, służące do wydzielania żółci, a może i innych fizyologicznych produktów komórki wątrobnej. Kanaliki żółciowe śródkomórkowe łączą się, według badań Browicza, z przewodami żółciowymi międzykomórkowymi, biorąc początek z jąder komórek wątrobnych. Ten ostatni szczegół wskazywał, że jądra komórek wątrobnych spełniają w pewnych okresach swego życia funkcyę wydzielniczą, a mianowicie wydzielają barwiki żółciowe. Dalsze poszukiwania tego samego autora [2]) nietylko niezbicie udowodniły słuszność tego zapatrywania, ale wykazały także, że źródłem, z którego komórki wątrobne, względnie jądra komórek wątrobnych, czerpią materyał do wytwarzania barwików żółciowych, są krwinki czerwone, jako takie wnikające przez protoplazmę komórek wątrobnych aż do wnętrza jąder, gdzie hemoglobina krwinek ulega rozpuszczeniu i dalszym modyfikacyom.

Wyniki tych poszukiwań, opartych na badaniu histologicznem, a potwierdzonych wymownemi doświadczeniami na zwierzętach, wyjaśniają sporne dotąd i przez samych nawet autorów częściowo za sztuczny wytwór uważane obrazy, jakie w komórce wątrobnej spotykali Hering, Kupffer, Pfeiffer [3]); dzięki zaś wykazaniu złogów żółciowych, leżących w kanalikach śródprotoplazmowych i śródjądrowych, w ich barwie naturalnej, nadają badania Browicza teraz dopiero donioślejsze znaczenie spostrzeżeniom Popoffa, Afanassiewa, Krausego, Marchanda, Nauwercka, Brausa [4]) oraz A. A. Kulabki [5]), sprowadzając do wspólnego mianownika rozprószone szczegóły, wiążąc je w całość i dowodząc ścisłej analogii w budowie i morfologicznych warunkach czynności komórki wątrobnej człowieka z delikatniejszymi szczegółami budowy i morfologicznemi zjawiskami czynności komórki wątrobnej innych kręgowców; co jednak ważniejsza, wypełniają one ostatecznie dotkliwą lukę między dwoma szeregami faktów, których zależność

[2]) „Jak i w jakiej postaci otrzymują komórki wątrobne hemoglobinę". Rozprawy Wydziału mat.-przyr. Akad. Umiej. w Krakowie. Tom 34., str. 63.

„O zjawiskach krystalizacyi w komórce wątrobnej". Tamże, tom 37, str. 46.

„Obraz mikroskopowy komórki wątrobnej po wstrzyknięciu do żyły szyjnej hemoglobiny". Sprawozdanie z pos. Akad. Umiej. Wydz. mat.-przyr. z d. 7. list. 1898.

„Pochłanianie krwinek czerwonych przez komórkę wątrobną i stąd powstać mogące obrazy w tej komórce". Sprawozdanie z czynności i posiedzeń Akad. Umiej. w Krakowie. Tom IV, Nr. 7., lipiec 1899.

„Drogi odżywcze w komórce wątrobnej oraz zestawienie wyników badań nad komórką wątrobną". Tamże.

[3]) i [4]) Prace te przytoczone są w powyższych pracach Browicza.

[5]) „K' woprosu o żółcznych kapillarach (iz fizyologiczeskoj laboratoryi impier. Akad. nauk)". Petersburg 1897. Rozprawa w celu uzyskania stopnia doktorskiego.

Digitized by Google

od siebie stwierdzono już dawniej, nie znając jednak wcale łączącego je bezpośrednio węzła. Mianowicie od dawna udowodniono na drodze chemicznej pochodzenie barwików żółciowych od barwika krwinek czerwonych tak, że nawet z ilości barwików w żółci i moczu wnoszono o rozmiarach rozpadu krwinek w ustroju; z drugiej zaś strony za Quinkem [6]) przyjmowano prawie powszechnie, że miejscem, gdzie głównie krwinki czerwone kończą swój żywot, jest wątroba. Nie było jednak żadnych prawie wiadomości o tem, w jaki to dzieje się sposób, dopóki badania Browicza nie wyjaśniły, że jądra komórek wątrobnych są tem, dotąd właśnie brakującem ogniwem, nie mało ważnem w ekonomii ustroju. Niezupełnie jeszcze tylko wyjaśnione są mechanizmy, zapomocą których krwinki czerwone przechodzą z naczyń włoskowatych do wnętrza komórek wątrobnych, jakkolwiek w najświeższej dobie powiodło się Browiczowi wykazać, że jakąś czynną rolę odgrywają przy tem napewno t. zw. komórki ścienne naczyń włoskowatych krwionośnych wątroby [7]).

Wreszcie wszystkie te spostrzeżenia Browicza, zestawione z badaniami jego, tyczącemi się pochodzenia melaniny w nowotworach barwikowych [8]), mianowicie mięsakach, stwarzając pewne pokrewieństwa między sposobem wyrabiania się fizyologicznych barwików żółciowych w komórce wątrobnej, zatem nabłonkowej, a powstawaniem barwików w warunkach patologicznych w komórce mięsakowej, zatem łącznotkankowej, rzucają, jak się sam autor wyraża [9]), „niejakie światło na tak ciemną jeszcze kwestyę biologii organizmu komórkowego“ wogóle.

Tę ostatnią okoliczność pozostawiając na razie na boku, a ograniczając się tylko do komórki wątrobnej, nie może ulegać wątpliwo-

---

[6]) Obacz Landois: „Lehrbuch der Physiologie des Menschen“. Wyd. 7., 1890, str. 30; porównaj także Łukjanow: „Grundzüge einer allgemeinen Pathologie des Gefässsystems“, 1894, str. 340.

[7]) „O śródnaczyniowych komórkach we włoskowatych, krwionośnych naczyniach zrazików wątroby“. Rozprawy Wydz. mat.-przyr. Akad. Um. Tom 37., str. 51. Dalsze badania w tym kierunku przedstawił Browicz Akademii w kwietniu 1900.

[8]) „W sprawie pochodzenia melaninu w nowotworach barwikowych“. Rozprawy Wydz. mat.-przyr. Akad. Umiej. w Krakowie. Tom 37., str. 54.

„Sztuczna krystalizacya hematoidyny w komórce mięsaka barwikowego“. Tamże str. 60.

Także: „Krystalizowanie się hyaliny w komórce mięsaka“. Sprawozdania z czynności i posiedzeń Akad. Um. w Krakowie. Tom IV, Nr. 6., czerwiec 1899.

[9]) l. c. „Obraz mikroskopowy komórki wątrobnej i t. d.“. Sprawozdanie z posiedzenia Wydz. mat.-przyr. Akad. Um. w Krakowie w d. 7. listopada 1898. Str. 3.

Digitized by Google

ści, że stany morfologiczne, wykazane przez Browicza, nie są rzeczą niejako przypadkową, występującą w pewnych wyjątkowych chwilach fizyologicznego życia komórki wątrobnej, tembardziej zaś, że nie są rzeczą patologiczną, lecz że są one przejawem jednej z najistotniejszych czynności fizyologicznych tej komórki, czyli że są one stale i silnie z budową jej i z pewnymi, regularnie powracającymi okresami jej fizyologicznego życia związane. Wynika to nietylko ze zgodności badań Browicza z tem, co przedtem o losach krwinek czerwonych i stosunku barwików żółciowych do barwika krwi było wiadome; nietylko ze zgodności tych badań z niezupełnymi wynikami poszukiwań dawniejszych, dokonanych przez innych badaczy; ale także i to przedewszystkiem z tej, przez Browicza podniesionej okoliczności, że istnieje „zupełna zgodność mikroskopowych obrazów komórek wątrobnych w trzech zupełnie różnych stanach komórki, w komórce wątroby muszkatołowej, w komórce wątrobnej normalnego noworodka, w normalnej komórce psa po wstrzyknięciu hemoglobiny do żyły szyjnej, jakoteż wykazana możliwość sztucznego wytworzenia tych obrazów“ [10]).

Oddawna wiadomo, że komórki nowotworowe wogóle, a komórki nowotworów pochodzenia nabłonkowego w szczególności mogą w pewnych warunkach zachowywać znaczną część cech komórki macierzystej, komórki tkaniny fizyologicznej, która była punktem wyjścia nowotworu. Nie ulega także wątpliwości, że, jeżeli nie we wszystkich, to przynajmniej w znacznej części przypadków, mogą z czasem komórki nowotworowe zatracać i rzeczywiście zatracają te cechy, zbliżające je do komórek macierzystych, jeżeli je z początku posiadały. Szczególnie odnosi się to do nawrotów i do przerzutów nowotworów nabłonkowych, aczkolwiek zaprzeczyć nie można, że zarówno przerzuty, jak i nawroty tych nowotworów niekiedy wcale lub bardzo mało różnią się swemi cechami od pierwotnych ognisk nowotworowych. Zjawisko to, to jest stopniowe zatracanie cech, przekazanych przez komórkę macierzystą komórce nowotworowej, próbowano nawet uogólnić, nadając mu szersze znaczenie w nauce o nowotworach. Próby pod tym względem podjął Hansemann [11]), podnosząc jako znamienną cechę komórki nowotworu tak nazwaną przez siebie anaplazyę, to jest „utratę

[10]) l. c. jak [9]).

[11]) „Studien über die Specifität, den Altruismus und die Anaplasie der Zellen“. Berlin, 1893. Porównaj tegoż autora: „Die mikroskopische Diagnose der bösartigen Geschwülste“. Berlin, 1897, zwłaszcza rozdział VIII, str. 138. i n.

Digitized by Google

zróżniczkowania (*Differenzierung*) i wzrost zdolności samoistnego bytu (*Existenz*)“ [12]). Hansemannowska anaplazya po części tylko opiera się na cechach morfologicznych tkanki nowotworowej, po części zaś, i to może stanowi istotniejszą część teoryi Hansemanna, na zachowaniu się tej tkanki względem innych tkanin ustroju. Dalsze generacye komórek nowotworowych mogą więc, w myśl Hansemanna, zatracać własności komórek pierwszych generacyi, a względnie komórki macierzystej tkaniny fizyologicznej, i odzyskując „większą zdolność do samodzielnego bytu“ zbliżać się we wstecznym niejako kierunku do komórek mało zróżniczkowanych, względnie embryonalnych, nie wyzbywając się mimo to wszystkich cech morfologicznych, przekazanych im przez komórkę macierzystą, choć najczęściej obie te sprawy idą ze sobą w parze. Tak pojęta anaplazya nie posiada może znaczenia reguły bez wyjątku, jednakże możnaby przyjąć jej istnienie w bardzo znacznej większości nowotworów, przynajmniej nabłonkowych, gdyż spostrzeżenia takie, jak M. B. Schmidta [13]), w których przerzuty nowotworowe miały okazywać więcej cech (i to nb. tylko morfologicznych), właściwych komórce macierzystej, niż same komórki pierwotnego ogniska nowotworu, są po pierwsze bardzo nieliczne, a powtóre łatwo mogły się opierać na przeoczeniu, zwłaszcza jeżeli najstarsze części pierwotnego ogniska już uległy obumarciu i rozpadowi. Konieczna nadmienić zresztą, że Hansemann pojęciem anaplazyi nie obejmuje tych przypadków, w których już komórki pierwotnego ogniska nowotworowego posiadają cechy odmienne od komórek tkanki fizyologicznej, z której zdają się pochodzić, gdyż zjawiska takie, o ile nie dałyby się wyjaśnić znaną teoryą Cohnheima o zbłąkanych ogniskach zarodkowych, a raczej o ogniskach odsznurowanych, a już różniczkujących się komórek w czasie rozwoju płodowego, mieszczą się w zakresie pojęcia przeradzania się (metaplazyi), które zdarza się szczególnie często w gromadzie nowotworów pochodzenia łącznotkankowego.

Jeżeli w obecnym stanie naszych wiadomości o komórce nowotworowej może jeszcze się nie godzi uważać anaplazyi Hansemannowskiej za prawo patologiczne, tem więcej, że o szczegółach tej sprawy bardzo mało wiadomo, i że koniecznym postulatem wydawałoby się tu wykazanie, iż komórka nowotworowa traci z cech, odziedziczonych po komórce macierzystej, najłatwiej te, które najpóźniej w rozwoju różniczkowania się komórek ustroju nabyte zostały (badań pod tym

[12]) l. c. str. 145.

[13]) „Über Secretionsvorgänge in Krebsen der Schilddrüse und der Leber und ihren Metastasen“, Virchows Archiv. Tom 148., str. 43., 1897.

Digitized by Google

względem wogóle niema), to jednak zdaje się dość pewne, że w tych przypadkach, w których komórka nowotworowa w bliższych czy dalszych generacyach wyzbywa się cech morfologicznych komórki macierzystej, traci ona najtrudniej takie cechy, które z czynnością i zadaniami zróżniczkowanej komórki najsilniej były związane.

Z tego względu zdawało się pożyteczne zbadać nowotwory nabłonkowe, których komórki pochodzą od komórek wątrobnych, pod względem obecności obrazów morfologicznych, spostrzeganych przez Browicza w prawidłowej, wydzielającej komórce wątrobnej, korzystając z nasuwających się w ciągu ostatnich lat pięciu w krakowskim Zakładzie anatomii patologicznej trzech przypadków pierwotnych gruczolaków, względnie raków gruczolakowych wątroby. W nowotworach tych, wogóle dość rzadkich, spostrzegano stosunkowo często wyraźne wydzielanie żółci, jak o tem wiemy ze spostrzeżeń Rindfleischa [14]), Kelscha i Kienera [15]), Sabourina [16]), Sevestrea [17]), Siegenbeek van Heukeloma [18]), Marckwalda [19]), Lubarscha [20]), Schüppla [21]), w których wyraźnie wspomniano o obecności złogów żółciowych w szczelinach między komórkami nowotworu, nie mówiąc już o tych przypadkach, w których wydzielania takiego wolno się domyślać z silnego zielonawo-żółtego zabarwienia guzów nowotworowych, widocznego już gołem okiem. Wydzielanie to spostrzegano także w pierwotnych rakach wątroby, aczkolwiek znacznie rzadziej, bo oprócz spostrzeżeń Naunyna [22]), Brissauda [23]) i Hansemanna [24]), w których zauważono wśród utkania raka jeszcze szczątki utkania gruczolakowego, zaliczyćby tu trzeba jeszcze tylko przypadki Perlsa [25]), Bocka [26]), Hellera [27]) i Schmorla [28]), wszystkie cztery tem szczególne, że wydzielanie żółci zauważono także we wtór-

[14]) Archiv f. Heilkunde, 1864, str. 395.

[15]) Archives de physiologie 1876, 3, str. 637.

[16]) „Essai sur l'adenome de foie". Paris, 1881, cyt. wedł. [13]).

[17]) L'Union méd., 1882, Nr. 87, str. 1051.

[18]) Zieglers Beiträge zur pathol. Anat., 1896, tom XVI., str. 350 i 373.

[19]) Virchows Archiv, 1896, tom 144, str. 38.

[20]) Bericht üb. die Naturf.- u. Ärzteversammlung in Lübeck. Centralbl. f. allg. Pathol. u. pathol. Anat., 1895, str. 718.

[21]) v. Ziemssens Handb. der spec. Path. u. Ther., 1878, tom VIII., 1, str. 310.

[22]) Archiv. f. Anat. u. Physiol., 1866, str. 717, cyt. wedł. [13]).

[23]) Archiv. general. de méd., 1885, tom II., str. 129.

[24]) Berliner klinische Wochenschrift, 1890, Nr. 16, str. 353.

[25]) Lehrbuch der allgem. Pathologie, 1877, tom I., str. 482.

[26]) Virchows Archiv, 1883, tom 91, str. 442 (przerzut w naczyniówce uważa autor błędnie za guz pierwotny i określa go niewłaściwie, jako mięsak).

[27]) Bericht üb. die Naturf.- u. Ärzteversamml. in Lübeck, 1895.

[28]) Tamże.

Digitized by Google

nych, przerzutowych ogniskach nowotworowych, wkońcu przypadek M. B. Schmidta [29]), w którym autor stwierdził obecność złogów żółciowych tylko w jednym z przerzutów.

Zjawisko wydzielania żółci w ostatnich ośmiu przypadkach tem więcej z naszego punktu widzenia zasługuje na uwagę, że pojawiało się ono jeszcze wówczas, gdy już utkanie nowotworu i właściwości jego komórek znacznie odbiegły od typu tkaniny macierzystej. Czy żółć, wydzielana we wszystkich wyżej wspomnianych przypadkach, była składem swym równą prawidłowej, niewiadomo, gdyż wskazówką były tu wyłącznie cechy morfologiczne, zachowanie się barwy barwików żółciowych. Zagadnienie to zresztą nie ma dla nas znaczenia, skoro w obrębie protoplazmy komórek i w przewodach włoskowatych międzykomórkowych nie możemy wykryć obecności innych składników żółci, prócz barwików, jak tylko w stopniu i w sposób bardzo niedostateczny. Co najwyżej w pewnych warunkach możemy zapomocą dzisiejszych naszych środków badania niekiedy stwierdzić, że w takich razach znajdują się obok barwików także i inne składniki żółci, — nie potrafimy jednak wcale określić, jakie.

Posiadając przeto spostrzeżenia, wskazujące na to, że wydzielanie żółci jest właściwością komórki wątrobnej, bądźcobądź głęboko w niej tkwiącą, skoro utrzymuje się ona jeszcze wówczas, gdy komórka nowotworowa, pochodna od komórek wątrobnych, zatraca częściowo cechy komórki macierzystej, a z drugiej strony widząc, że wydzielanie żółci w komórce wątrobnej normalnej, jakoteż znajdującej się w pewnych warunkach patologicznych (jak w wątrobie muszkatołowej i w doświadczeniach na psach), wiąże się z pewnemi stałemi zjawiskami morfologicznemi, należało nasuwające się zagadnienie określić w sposób następujący: czy zjawiska morfologiczne, stwierdzone przez Browicza w komórce wątrobnej, powtarzają się i w komórkach nowotworowych, od niej pochodzących, czy też zatracają się, kiedy się zatracają i w jakim stopniu? Jeżeliby bowiem zjawiska te dały się wykazać we wspomnianych komórkach nowotworowych, to należałoby w tem upatrywać dalszy dowód, że opisane przez Browicza stany morfologiczne są jak najściślej związane z wydzielaniem żółci, względnie z przeróbką barwika krwi na barwiki żółciowe, czyli że są one warunkiem koniecznym tej sprawy, sposobem najprawdopodobniej jedynym, nie zastępowanym i nie dającym się zastąpić przez inne; innemi słowy należałoby wówczas wnosić, że z chwilą, kiedy komórka zatraca te właściwości swej budowy, które znajdują swój

[29]) l. c. pod [13]).

Digitized by Google

wyraz w obrazach, spostrzeganych przez Browicza, traci ona także zupełnie zdolność wyrabiania żółci i spożytkowywania krwinek czerwonych w tym celu.

Z trzech przypadków pierwotnych nowotworów wątroby, którymi rozporządzałem, a które opiszę szczegółowiej w innem miejscu, dwa tyczyły się mężczyzn, jeden kobiety, wszystkich w wieku średnim. Jeden z nich pojawił się w postaci rozdwojonego, wielkiego guza, oddzielonego ściśle od reszty miąższu wątroby i w tym przypadku gołem okiem nie można było dostrzedz wybitniejszych znamion obfitszego wydzielania żółci w nowotworze. Nie wdając się w szczegóły histologiczne, należy jednak nadmienić, że w ogólności guz ten, składający się przeważnie z bardzo wielkich komórek, miał budowę gruczolaka wątroby i to odmiany jego beleczkowatej, a tylko gdzieniegdzie budowę odmiany cewkowej. O wiele więcej urozmaicony był obraz drugiego nowotworu, występującego w postaci licznych, niezbyt wielkich ognisk, rozsianych niejednostajnie w całej wątrobie. Część tych ognisk swem ciemnozielonem zabarwieniem już dla gołego oka wykazywała wydzielanie żółci i w tych ciemnozielonych ogniskach wykrywał mikroskop charakterystyczny cewkowaty układ komórek; w innych ogniskach, bladozielono, żółtawo lub białawożółto zabarwionych, utkanie nowotworu, nie tracąc cech, właściwych budowie gruczolaka wątrobnego, składało się z układu beleczkowatego, przyczem komórki, składające beleczki, były znacznie mniejsze, do komórek wątrobnych coraz mniej podobne i wcześnie ulegały zwyrodnieniu tłuszczowemu. Nowotwór ten przerzucił się do szpiku kości biodrowej lewej, którą częściowo zniszczył i do szpiku kości długich, w którym utworzył kilka małych ognisk; wszystkie te przerzuty barwą swą nie wskazywały na wydzielanie żółci, a pod mikroskopem okazywały beleczkowaty układ komórek, zgadzając się wogóle swoją budową i wejrzeniem komórek z budową i wejrzeniem wspomnianych ognisk nowotworowych w wątrobie drugiego typu, to jest nie okazujących gołemu oku wybitnego wydzielania żółci, a posiadających utkanie beleczkowate. W obu tych przypadkach oznaczenie rodzaju nowotworu, ze względu na samą tylko budowę histologiczną, nie nasuwało trudności, a w myśl podziału, utrzymującego się jeszcze obecnie w większości prac o pierwotnych nowotworach wątroby, należało przypadki te zaliczyć do gruczolaków. Ze względu jednak na zachowanie się nowotworu w ustroju, nie można odmówić drugiemu przy-

Digitized by Google

padkowi cech złośliwości, której pojęcie zresztą, szczególnie co do gruczolaków wątroby, jest jeszcze sprawą sporną [80]), i z punktu widzenia niektórych autorów należałoby ten drugi przypadek umieścić w gromadzie raków gruczolakowych. W trzecim wreszcie przypadku, tyczącym się kobiety dorosłej, znajdowały się w wątrobie wielokrotne guzy nowotworowe: największy z nich, złożony z utkania bardzo twardego i okazujący w niektórych swych odcinkach zabarwienie ciemnozielone, znamienne dla wydzielania żółci, przechodził bez ostrych granic w otaczającą tkankę wątroby; inne natomiast, znacznie mniejsze guzy, rozrzucone wśród wątroby i od sąsiedniej tkanki wątrobnej dość ostro odgraniczone, okazywały utkanie znacznie miększe, a barwę albo bladozielonawą, albo białoszarawą, gołem więc okiem można było w nich wykryć albo ślady czynności wydzielniczej znacznie słabszej, niż w guzie pierwszym, największym, albo też wcale bez badania mikroskopowego śladów tej czynności przypuszczać nie było można. Te drobniejsze ogniska, które wobec tego należało uważać za przerzuty ogniska największego, posiadały utkanie zwykłego, typowego raka rdzeniastego; pierwotne ognisko okazywało w niektórych częściach również utkanie raka, lecz twardszego, włóknistego, gdzieniegdzie jednak wyraźną budowę gruczolakową z cewkowym układem komórek; wobec tego wszystkiego i ten nowotwór zaliczyćby należało do gromady raków gruczolakowych, stawiając go jednak bliżej właściwych raków, niż przypadek drugi.

We wszystkich trzech przypadkach nie zajęte przez nowotwór części wątroby okazywały obraz marskości; we wszystkich trzech również punktem wyjścia nowotworu były niewątpliwie komórki wątrobne, o czem świadczyło bardzo wybitne morfologiczne podobieństwo jednych i drugich. Komórki nowotworowe różniły się od prawidłowych komórek wątrobnych przedewszystkiem tem, że były znacznie większe; w pierwszym z naszych przypadków dochodziły one w niektórych częściach nowotworu do rozmiarów wprost olbrzymich. Tylko wspomniane już ogniska nowotworowe o utkaniu beleczkowatem i podobnie do nich zbudowane przerzuty w drugim naszym przypadku składały się z komórek mniejszych, niż wątrobne, a tem znaczniej mniejszych, niż nowotworowe, znajdujące się w ogniskach o utkaniu cewkowatem; jednakże z łatwością można było wykazać bezpośredni związek genetyczny tych zmniejszonych komórek z wielkiemi komórkami no-

[80]) Porównaj prace Siegenbeek van Heukeloma l. c. [16]), Marckwalda l. c. [19]), M. B. Schmidta l. c. [13]); sprawę tę rozpatrzymy szczegółowiej we wspomnianej pracy, dotyczącej ogólnie gruczolaków wątroby.

Digitized by Google

wotworowemi tak, że pochodzenie małych komórek nowotworowych od wielkich (a nie wprost od komórek wątrobnych) nie ulegało wątpliwości. Stósownie do wielkości komórek zachowywało się ich jądro, dopóki nie uległo dalszym zmianom, jak nieprawidłowemu podziałowi, szczególnym zmianom postaci lub w końcu znanym zmianom degeneracyjnym (chromatolysis, oxychromasia, pyknosis), względnie nawet rozpadowi na nieregularnie rozrzucone grudki chromatyny. Ogólnie bowiem biorąc, było jądro w komórkach wielkich dość proporcyonalnie zwiększone, we wspomnianych drobnych zaś zmniejszone w porównaniu z prawidłową komórką wątrobną, jednakże w tych drobnych komórkach było ono w stosunku do plazmy komórkowej większe, niż w prawidłowych komórkach. Tak w większych, jak i w mniejszych komórkach nowotworowych barwiło się jądro znacznie silniej barwikami, barwiącymi jądra, zwłaszcza w ostatnim rodzaju komórek. Postać całych komórek, biorąc ogólnie, przypominała bardzo silnie wielokątne komórki wątroby prawidłowej; wyjątek stanowiły tu tylko wspomniane drobne komórki, zbliżające się w miarę zmniejszenia rozmiarów coraz bardziej do postaci okrągławej, co wraz z wymienionemi wyżej różnicami świadczyło, że ten rodzaj komórek nowotworowych odbiegł stosunkowo najdalej od morfologicznego typu komórki macierzystej. Co się tyczy cytoplazmy komórek nowotworowych, to — pominąwszy liczne, większe i mniejsze kule tłuszczu, wypełniające mniej lub więcej komórki odmiany drobniejszej, oraz pominąwszy zjawiska wakuolizacyi i kanalizacyi cytoplazmy, które opiszę poniżej, — była cytoplazma wogóle bledsza, niż w prawidłowych komórkach wątrobnych, zawierała znacznie mniej ziarenek brunatnawego barwika i posiadała wejrzenie albo jednolitsze, bardziej jakby szkliste, lub przeciwnie grubiej ziarniste, niż plazma prawidłowej komórki wątrobnej.

W komórkach nowotworowych, których ogólną budowę powyżej w najgrubszych tylko zarysach naszkicowałem, dawały się dostrzedz obrazy, przemawiające za ich czynnością wydzielniczą. Przed opisem tych obrazów należy jednak z góry zauważyć, że nie spotykałem ich — z jednym wyjątkiem, który w dalszym ciągu wymienię — w komórkach drobnych, składających wspomniane ogniska o budowie beleczkowatej w naszym drugim przypadku. Tłómaczę to sobie nietylko tem, że liczne krople tłuszczu, znajdujące się w cytoplazmie tych komórek, drobne rozmiary samych komórek, oraz stosunkowo niewielka ilość plazmy w porównaniu do rozmiarów jądra utrudniały badanie delikatniejszych szczegółów cytoplazmy i mogły dać powód do przeoczeń, ale także i to przedewszystkiem tem, że te drobniejsze komórki, jak o tem zresztą już morfologiczne ich cechy świadczyły,

Digitized by Google

zbyt daleko odbiegły od typu wykształconej i wysoko uorganizowanej komórki macierzystej, aby mogły zachować — choćby nawet najważniejsze — jej przymioty fizyologiczne i morfologiczne, czyli że uległy — używając wyrażenia Hansemanna — bardzo posuniętej anaplazyi, zachowując już zaledwo te cechy, które je charakteryzowały ogólnie jako komórki pochodzenia nabłonkowego. Dalej należy nadmienić, że morfologiczne równoważniki czynności wydzielniczej wewnątrzkomórkowej natrafiałem tem łatwiej i tem częściej, im wybitniej już gołem okiem stwierdzić się dawało wydzielanie żółci w postaci silnego, zielonawożółtego zabarwienia guzów nowotworowych; czem zaś makroskopowe ich zabarwienie było bledsze, tem skąpsze i trudniejsze do odnalezienia były takie obrazy histologiczne, które dowodziły wydzielania wewnątrzkomórkowego. Nadto zaś obrazy takie były tem liczniejsze i wybitniejsze, im komórki nowotworowe podobniejsze były do prawidłowej komórki wątrobnej; a że stosunkowo najpodobniejsze do komórki wątrobnej były komórki nowotworowe w ogniskach o utkaniu cewkowatem przypadku drugiego i w tych, litych zresztą ogniskach rakowych przypadku trzeciego, w których dawało się między komórkami dostrzedz niekiedy nieregularne, wydłużone i pokręcone światło, zawierające złóg żółciowy w barwie naturalnej brunatnej lub zielonej*), przeto w takich właśnie miejscach poszukiwania wspomnianych obrazów wydawały plon najobfitszy.

W tych też komórkach nowotworowych, które postacią swoją, wejrzeniem cytoplazmy i jądra najbardziej przypominały prawidłowe komórki wątrobne, w których przytem ani jądro, ani cytoplazma nie wykazywały żadnych zmian, mogących być poczytanemi za objaw zwyrodnienia, można było z łatwością we wszystkich trzech naszych przypadkach wykazać obrazy, stanowiące nieprzerwany szereg, odpowiadający kolejnym okresom czynności komórki (poza okresem jej podziału).

Najrzadziej jeszcze stosunkowo zdarzały się następujące obrazy. Wśród cytoplazmy komórki nowotworowej z jądrem, odpowiadającem obrazowi tak zwanego jądra w spoczynku, to jest bez śladu podziału, rzadziej z dwoma podobnemi jądrami, znajduje się blizko brzegu komórki, prawie tuż przy ścianie sąsiedniego krwionośnego naczynia włoskowatego, twór okrągły, wielkości i rozmiarów ciałka czerwonego

*) Zachowanie barwy naturalnej wydzielanej żółci zawdzięczam ustalaniu kawałków nowotworów w zalecanej przez Browicza formalinie 2 i 4%. Preparaty barwiłem hematoksyliną Ehrlicha, Delafielda lub Mayera z eozyną lub orangem, lub sposobem Van Giesona. Gorzej już zachowywała się barwa żółci po ustaleniu w sublimacie.

Digitized by Google

krwi. Twór ten względem barwików zachowuje się zupełnie taksamo, jak krwinki czerwone, leżące w świetle sąsiedniego naczynia włoskowatego. Niekiedy twór ten jest jakby wpryśnięty w cytoplazmę i szczelnie nią zewsząd otoczony; częściej jednak naokoło niego widać wąziutki jasny rąbek, oddzielający go od cytoplazmy, co przemawia za tem, że twór ten leży w wakuoli, wytworzonej wśród cytoplazmy. (Rysunek 1).

W innych komórkach napotyka się takie twory, (zawsze jeszcze kształtem, wielkością i zachowaniem się wobec barwików najzupełniej zgodne z krwinkami czerwonemi, leżącemi w sąsiedniem naczyniu włoskowatem), głębiej wśród cytoplazmy, nieraz już blizko jądra. I tu również leżą one niekiedy jakby w ciasnych wakuolach, kiedyindziej zaś nie widać między nimi a cytoplazmą żadnego światła, a obwód ich zaznaczony jest ich własnym, pojedynczym konturem. (Rysunek 2., na prawo).

W innych komórkach napotyka się te twory, niczem nie różniące się od krwinek czerwonych, już nie pojedynczo, ale po kilka, a nawet kilkanaście. W takim razie najczęściej leżą one odosobnione wśród cytoplazmy, przyczem stosunek ich do niej jest podobny do wyżej opisanego. Niekiedy jednak zdarza się, że twory te skupiają się po 2 i 3 koło siebie, nieraz nakrywając się częściowo swoim, zupełnie jeszcze wyraźnym, konturem. Najczęściej przy tem nie dostrzega się żadnej wolnej przestrzeni między taką gromadką tych tworów, a otaczającą cytoplazmą. (Rysunek 3.).

Niekiedy jednak spotyka się podobną gromadkę z utrzymanymi jeszcze konturami każdego tworu we wnętrzu okrągłej wakuoli, istniejącej w cytoplazmie, a wówczas między ścianą tej wakuoli a znajdującymi się w wakuoli tworami pozostaje jasna przestrzeń, jak się zdaje, żadnej nie zawierająca treści. Zdarza się także, że w jednej i tejsamej komórce w jednem miejscu cytoplazmy istnieje wakuola, zawierająca bądź pojedyncze, bądź skupione w gromadkę twory krwinkowate, w innych zaś miejscach twory te są znów pojedynczo, lub, co rzadziej, gromadnie, jakby wpryśnięte w cytoplazmę, nie oddzielone od niej żadną wolną przestrzenią.

Dość często napotyka się komórki, w których cytoplazmie leżą wakuole, zawierające gromadkę owych krwinkowatych tworów; jednakże twory te poczynają zlewać się ze sobą; ich ostre przedtem zarysy w wielu miejscach zacierają się, a cała gromadka zamienia się w jeden twór, którego zewnętrzny falisty zarys w połączeniu z zachowanemi jeszcze gdzieniegdzie resztkami granic składających

Digitized by Google

go elementów wskazują na jego pochodzenie i dowodzą, że jest on zlepkiem kilku tworów krwinkowatych. (Rysunek 4.).

Zdarza się także, że taki większy zlepek, którego budowa zachowuje jeszcze ślad sposobu jego wytwarzania się, nie leży w widocznej wakuoli cytoplazmy, lecz obwodem swym bezpośrednio do cytoplazmy przylega, odcinając się od niej tylko pojedynczym, mniej lub więcej wyraźnym konturem i odmiennym odcieniem zabarwienia. (Rysunek 4., na prawo w dolnej części komórki).

Wreszcie — i to stosunkowo często, napotyka się wśród cytoplazmy okrągławe twory, bądź w cytoplazmę jakby wpryśnięte, bądź leżące w wakuoli, w których nie widać już ani śladu zarysów pojedynczych tworów krwinkowatych, a w których tylko odmienny odcień zabarwienia i ostra nieraz granica stanowi różnicę od reszty cytoplazmy; odcień zabarwienia tych tworów, kilkakrotnie większych od krwinki czerwonej, zdaje się wskazywać, że twory te są dalszym okresem opisanych powyżej obrazów*). czego jednakże z całą stanowczością oczywiście twierdzić nie można, nie rozporządzając niczem więcej, jak tylko jedną cechą morfologiczną, to jest, zachowaniem się wobec barwików**). Należy tu jednak nadmienić, że takie twory znajdują się w komórkach, skądinąd nie okazujących żadnych zmian, mogących uchodzić za degeneracyjne. Szczegół ten wydaje mi się dość ważny. Wszak w nowotworach złośliwych nader często znajdują się tak zwane inkluzye***), to jest twory różnej postaci i rozmaicie względem barwików się zachowujące, umieszczone w cytoplazmie komórek, najczęściej w wakuolach. Część tych tworów odrazu można rozpoznać, jako wpochwione komórki, bądźto drobniejsze nowotworowe, bądź leukocyty; zdarzało się jednak, że takie wpochwione komórki ulegały rozmaitym zmianom, z których część można było określić, jako zmiany degeneracyjne lub też objawy rozwijającej się martwicy — pomijając już, że część autorów na podstawie takich obrazów zbłądziła na manowce niczem dotąd nie udowodnionej teoryi pasorzytniczej nowotworów złośliwych****). Inna część takich tworów, uważanych niesłu-

*) Że tak jest rzeczywiście w komórce wątrobnej prawidłowej, udowadnia Browicz: „Pochłanianie krwinek czerwonych i t. d." l. c.

**) Podbarwiając orangem G otrzymuje się często wybitnie pomarańczowe zabarwienie krwinek czerwonych, luźno leżących w naczyniach, jak i pochłoniętych przez komórki wątrobne. Cytoplazma komórek barwi się słabiej, brunatnawo-szaro, krwinki wewnątrz komórek, ulegające dalszym przemianom, przybierają odcień słomianożółty. (Por. rysunki).

***) Po polsku możnaby nazwać (przynajmniej niektóre z tych tworów) wtrętami.

****) W przedmiocie tym pisano bardzo wiele: nie podobna przytaczać tu nawet najważniejszych prac, zarówno traktujących wspomniane inkluzye, jako pasorzyty,

Digitized by Google

sznie za pasorzyty, okazała się produktami degeneracyjnymi jąder lub też nieprawidłowemi figurami karyokinetycznemi, wywołanemi przez patologiczne warunki, w jakich znajdowała się komórka. Dopóki w tworach takich istnieją choćby resztki chromatyny, można je wytłómaczyć w ten lub ów ze wspomnianych sposobów i powstanie ich odnieść bądźto do wpochwiania się komórek w komórki, bądź do zmian chorobowych jądra, dzielącego się, czy znajdującego w spoczynku. Jednakże napotyka się w komórkach nowotworów złośliwych niezliczoną rozmaitość inkluzyi, niezawierających wcale chromatyny; z nich znowu część pewną możnaby uważać za pozostałość tworów, zawierających chromatynę, która z czasem znikła lub przynajmniej uległa zmianom, pozbawiającym ją zdolności swoistego barwienia się; jednakże pozostawałyby jeszcze wielka liczba inkluzyi achromatynowych, które prawdopodobnie nigdy nie posiadały żadnych, — że tak powiem, — narządów, zawierających chromatynę, a które zaliczano bez wyjątku, w czambuł, do zmian degeneracyjnych cytoplazmy komórki nowotworowej. Temu zapatrywaniu, szeregującemu wszystkie inkluzye komórkowe, nie posiadające chromatyny, w jedną klasę zmian patologicznych komórki, nie możnaby wiele zarzucić w tych przypadkach, w których komórki nowotworowe równocześnie okazywały inne zmiany, nie pozostawiające wątpliwości co do swej degeneracyjnej przyrody, więc naprzykład tam, gdzie w tej samej komórce obok inkluzyi plazmatycznych, achromatynowych, istniały wyraźne objawy niewątpliwego rozpadu lub obumierania jądra; jednakże w bardzo wielu komórkach nowotworów złośliwych napotyka się takie inkluzye, choć ani jądro, ani reszta cytoplazmy nie okazuje wcale żadnych takich zmian, któreby bez zastrzeżeń można poczytać za objawy zwyrodnienia lub obumierania.

Otóż zdaje mi się, że w ocenie tych przynajmniej, ostatnio wymienionych obrazów należałoby być na przyszłość znacznie ostrożniejszym i nie zaliczać ich bezwzględnie do patologicznych zmian komórki, jak w danych przypadkach, nowotworowej. Już te obrazy, jakie powyżej opisałem, a jakie napotkałem w komórkach gruczolaków, względnie raków gruczolakowych wątroby, zdają się przemawiać za tem, że pewna część inkluzyi plazmatycznych w komórkach powstawać może w sposób poniekąd nie patologiczny. Poniżej postaram się

jak i wyjaśniających właściwe znaczenie tych tworów. Należy jednak przypomnieć, że z polskich autorów opracował tę sprawę bardzo szczegółowo (wprawdzie w obcym języku) Steinhaus (w Archiwie Virchowa), a w polskim języku posiadamy bardzo cenne badania Browicza, których wyniki, niestety w skróceniu, zawarte są w „Pamiętniku V Zjazdu chirurgów polskich“ w Krakowie z r. 1893.

Digitized by Google

wykazać, że istnieje drugi jeszcze rodzaj inkluzyi komórkowych, nie zawierających chromatyny, który może łacniej odnieść należy do innego źródła, niż zmiany degeneracyjne komórek. Z góry zastrzedz się muszę, że myśl, wyrażona powyżej, nie jest moją własnością; pierwszy rzucił ją Browicz[31]) jeszcze na początku swych badań opierając się na obrazach, spotykanych w komórce wątrobnej; zdaje mi się, że myśl ta znajdzie tem silniejsze poparcie, jeżeli odniesiemy się do obrazów, spotykanych w komórce rzeczywiście nowotworowej, — obrazów, zarówno już opisanych, jak i w dalszym ciągu jeszcze opisać się mających.

Z kolei przechodzę do opisu obrazów, jakie spotkałem w obrębie jąder komórek nowotworowych, nie okazujących skądinąd żadnych zmian, mogących być uważanemi za zmiany degeneracyjne. W środku jąder takich komórek spotykałem niejednokrotnie ciała kuliste, wielkością, wejrzeniem i zachowaniem się wobec barwików taksamo nie różniące się od krwinek czerwonych, jak te, które zdarzały się wśród cytoplazmy. Twory te najczęściej leżały w jądrze pojedynczo, zawsze wśród niewielkiej wakuoli, oddzielone od jej ściany jasnym rąbkiem wolnej przestrzeni, nie zawierającej żadnej treści. (Rysunek 2, na lewo*). Ścisłe podobieństwo tworów tych z krwinkowatymi tworami, znajdującymi się wśród cytoplazmy, jakoteż z samemi krwinkami czerwonemi było zwłaszcza wówczas bardzo uderzające, jeżeli równocześnie w tejsamej komórce istniały one i wśród jądra i w cytoplazmie.

W kilku komórkach, we wszystkich trzech przypadkach, napotkałem twory takie, leżące w wakuolach jąder, już nie pojedynczo, ale gromadnie, przyczem w obrazie mikroskopowym twory te częściowo się nakrywały, zachowując jednak jeszcze wyraźnie swe kontury, podobnie, jak to opisałem odnośnie do krwinkowatych tworów, leżących gromadkami w cytoplazmie. Wreszcie napotykałem i takie komórki, gdzie w wakuoli jądra leżało kilka tworów krwinkowatych o wyraźnych i ostrych zarysach, a obok nich jeszcze nieregularnie okrągława masa, podobnie do nich się barwiąca, jak się zdaje, z ich zlewania się powstała. (Rysunek 5.).

Natomiast takich zlepków, obok których nie byłoby już pojedynczych, ostro zarysowanych tworów, a które barwiłyby się jeszcze taksamo, jak krwinki czerwone, w obrębie jąder odszukać nie zdo-

---

[31]) „O różnorodności złogów żółciowych śródkomórkowych i t. d.“, l. c. sub [1]). Osobne odbicie z *Przeglądu lekarskiego*, 1897, Nr. 23, str. 6.

*) Litograf nie uwidocznił w tym rysunku rąbka wolnej przestrzeni, dostrzegalnego w rzeczywistości w preparacie i zaznaczonego w rysunku oryginalnym.

Digitized by Google

łałem. Spotykałem wprawdzie nader często wśród jąder rozmaite inkluzye plazmatyczne, nie zawierające chromatyny, a umieszczone w wakuolach, jednakże zachowanie się ich wobec barwików było przeważnie o tyle odmienne od zachowania się krwinek czerwonych, leżących w sąsiednich naczyniach włoskowatych, a przytem tak często i wśród jądra i w cytoplazmie znajdowały się zmiany, bądź wyraźnie dowodzące ich zwyrodnienia, bądź za objaw zwyrodnienia uchodzić mogące, — że o tych inkluzyach co do ich pochodzenia nic sądzić nie podobna.

Sądzę, że wszystkie te twory, spotykane bądź pojedynczo, bądź gromadnie w cytoplazmie i wewnątrz jąder komórek gruczołaków wątroby, można uważać za krwinki czerwone, schwycone w drodze swej z naczyń włoskowatych do wnętrza komórek nowotworowych, w szczególności do wnętrza ich jąder, a to na tejsamej zasadzie, na której Browicz takiesame twory, spostrzegane w cytoplazmie i w jądrach komórek wątrobnych, uważa za krwinki czerwone. Zarówno z opisu, jak z dołączonych rysunków łatwo przekonać się, że twory krwinkowate, spostrzegane przeze mnie, niczem się nie różnią od krwinek czerwonych, wykrytych przez Browicza we wnętrzu komórek wątrobnych.

Do znajomości dalszych losów krwinek czerwonych we wnętrzu komórek nowotworowych, (poza zlewaniem się ich ze sobą, gdzie leżały gromadnie), dostarczały preparaty moje niewiele danych. Kryształów hemoglobiny, tworzących się w każdym razie, jak to wywodzi Browicz, pośmiertnie, wśród jąder komórek wątrobnych zwierząt np. psów z rozpuszczonej hemoglobiny, — nie spostrzegałem. Tłómaczy się to zresztą łatwo tem, że materyał histologiczny, jakim się posługiwałem, pochodził ze zwłok ludzkich: oprócz więc własności samej hemoglobiny ludzkiej, krystalizującej się wogóle, jak wiadomo, znacznie trudniej, wpływać tu musiała ta okoliczność, iż materyałem z tkanek ludzkich nie możemy dowolnie kierować zapomocą doświadczenia, a wątroba ze zwłok ludzi, zmarłych śmiercią naturalną, nie może zresztą i nie znajduje się w stanie pełnej swej czynności, który u zwierząt możemy dowolnie wywoływać.

W nielicznych zaledwo komórkach nowotworowych spotkałem wakuole, zawierające brunatnawo-czarne, igiełkowate złogi, zupełnie podobne do złogów, spotykanych przez Browicza w wakuolach komórek wątrobnych, jakoteż komórek mięsaków barwikowych. Jak to Browicz wykazał, te igiełkowate złogi są wykrystalizowanym barwikiem, z szeregu barwików, pochodnych od hemoglobiny[32]). Obecność

[32]) „O zjawiskach krystalizacyi w komórce wątrobnej“ l. c. sub. [2]), str. 48.

Digitized by Google

tych złogów zdaje się stać w związku z obfitością krwi w tkance. Napotkane przeze mnie podobne obrazy nie zaprzeczają temu zapatrywaniu, gdyż te, — z rzadka spostrzegane, — komórki nowotworowe, które zawierały w cytoplazmie wakuole z krystalicznymi, igiełkowatymi złogami barwika, znajdowały się zawsze w sąsiedztwie obfitych i krwią napełnionych naczyń włoskowatych. Podobne wakuole ze złogami krystalicznymi zdarzały się zresztą nader często w drugim naszym przypadku w komórkach wątrobnych, w częściach wątroby niezajętych nowotworem i to zawsze w tych odcinkach miąższu, gdzie istniało wybitne przekrwienie bierne. Wśród jąder komórek nowotworowych podobnych wakuol z krystalicznymi złogami odszukać nie zdołałem, prócz bardzo nielicznych wyjątków w drugim z opisywanych przypadków. (Rysunek 8).

Nadmienić jeszcze należy, że spotykane przeze mnie wakuole z barwikiem krystalicznym występowały pojedynczo; w komórkach nowotworowych nigdy nie napotkałem większej ich liczby, tem mniej zaś szeregu wakuol, układających się koło jądra, jak to spostrzegał Browicz w komórkach wątrobnych[33]). Pod tym więc względem komórki gruczolaków wątroby nie dostarczyły tylu i tak pewnych danych, jak komórki wątrobne; w każdym zaś razie nie dały żadnych podstaw do wniosków o stosunku krystalizacyi barwików, pochodnych od barwika krwi, do spraw wydzielniczych w komórkach gruczolaka wątroby, względnie do tego okresu tych spraw wydzielniczych, który następuje po dostaniu się krwinek czerwonych do cytoplazmy i jądra tych komórek, a poprzedza samo już wydzielanie się żółci, mianowicie jej barwików.

Natomiast plon, którego dostarczyły komórki gruczolaków i raków gruczolakowych wątroby w zakresie samego wydzielania się żółci, był wcale obfity i wogóle znacznie obfitszy, niż wynik badania pod względem sprawy wnikania krwinek czerwonych do wnętrza tych komórek.

Jak powyżej zaznaczyłem, najwybitniejsze obrazy można było napotkać w takich komórkach nowotworowych, które zachowaniem się cytoplazmy i jądra najbardziej jeszcze przypominały prawidłowe komórki wątrobne, a nie okazywały żadnych zmian, mogących uchodzić za objaw zwyrodnienia. I znowu obrazy te najliczniej znachodziły się w tych częściach nowotworów, które już makroskopowo barwą swoją

[33]) Obacz „Śródkomórkowe kanaliki żółciowe“ l. c. sub [1]) fig. 6, 7. „W sprawie pochodzenia melaninu“ l. c. sub [3]) przypisek drugi na str. 56.

Digitized by Google

świadczyły o silnem wydzielaniu żółci, a które w mikroskopie najczęściej okazywały utkanie cewkowate.

W częściach tych znajdowały się w świetle poprzecznie i podłużnie przeciętych niby cew gruczołowych wielkie, odpowiednio do kształtu światła i płaszczyzny przekroju rozmaicie ukształtowane złogi wydzieliny, która zachowała swą barwę naturalną: brunatno-żółtą, żółto-zieloną, zielonawą. Odcienia barwy i jej wysycenie bywały rozmaite w rozmaitych złogach, a nawet w obrębie jednego i tegosamego złogu; zjawisko, opisane już przez Browicza i szczegółowo wyjaśnione[34]) co do złogów śródkomórkowych. W komórkach nowotworowych, otaczających takie, złogami wypełnione światło, bardzo wyraźnie i łatwo dostrzedz się dawały, podobnież w barwie naturalnej, złogi barwika żółciowego różnej postaci, leżące najczęściej bądź w wakuolach, bądź w kanalikach, których ścianę od leżącego w nich złogu oddzielał mniej lub więcej wyraźny rąbek jasnej przestrzeni, niezapełnionej treścią. Niektóre komórki były tak obficie wypełnione złogami, że na jaw przez to naturalne nastrzykanie występowała cała sieć łączących się ze sobą kanalików wraz z ich punktami węzłowymi, stwarzając niezaprzeczone podobieństwo z obrazami, spostrzeganymi przez Browicza w komórkach wątrobnych[35]); zdarzały się też często komórki, wypełnione szeregami wakuol, bądź próżnych, bądź zawierających złogi żółciowe w barwie naturalnej, wreszcie komórki, w których cytoplazmie pomięszane były wakuole z kanalikami, jedne i drugie zawierające treść barwy naturalnej. Połączenie tych wewnątrzkomórkowych kanalików ze światłem, leżącem pomiędzy komórkami nowotworowemi, ustawionemi obrączkowato, lub w dwa długie szeregi, dawało się również bez trudności odszukać, najczęściej w postaci krótkiej wypustki, wnikającej ze złogu żółciowego międzykomórkowego w cytoplazmę komórki, niekiedy jednak w formie wypustki dłuższej, wiążącej bezpośrednio całą sieć łączących się ze sobą i rozmaicie posplatanych kanalików wewnątrzkomórkowych z przewodem międzykomórkowym. Niekiedy od złogu żółciowego, leżącego w świetle cewy niby-gruczołowej, wnikał wązki pasek naturalną, zielonawą barwę posiadającej żółci pomiędzy dwie sąsiednie komórki, należące do obrączki lub szeregu, otaczającego światło; często do tego dopiero włoskowatego międzykomórkowego przewodu, a nie wprost do światła cewy, uchodziły najgrubsze gałązki kanalików śródkomórkowych. Czy liczba tych ujść kanalików śródkomórkowych bywa w jednej komórce znaczniejsza,

[34]) „O różnorodności złogów żółciowych“ l. c. sub. [1]).

[35]) „O budowie komórki wątrobnej“ l. c. sub. [1]), figura 6, 7, 8, a także 5 i 18.

Digitized by Google

nie mogę rozstrzygnąć na podstawie spostrzeganych obrazów; spostrzegałem zawsze jeden grubszy kanalik, jakby główny przewód, wyprowadzający żółć z sieci śródkomórkowej na zewnątrz.

Stosunek kanalików wydzielniczych żółciowych śródkomórkowych do jądra komórek nowotworowych dawał się wykazać już trudniej, niż ich ujście na zewnątrz, jednak niemniej wyraźnie. Spotykałem mianowicie obrazy, bardzo podobne do obrazów, wykrytych przez Browicza w komórce wątrobnej [36]); zdarzało się widzieć bądźto kanaliki, bezpośrednio przytykające swym końcem do granicy jądra, bądź też nawet wnikające w jądro, które było na końcu kanalika jakby czapkowato osadzone, przyczem granica między zarysem złogu a konturem jądra była ostra. Nie zauważyłem nigdy, aby w podobnym stosunku do jądra pozostawało więcej, niż jeden kanalik. (Rysunek 6 i 7).

Wszystkie te szczegóły razem napotkałem w jednej grupie komórkowej, znalezionej w pierwszym z opisanych przypadków gruczolaka wątroby. Widać tu mianowicie kilka komórek nowotworowych (jedna z nich o dwu jądrach), nie okazujących ani śladu zmian, mogących uchodzić za zwyrodnienie, znacznie większych od prawidłowych komórek wątrobnych. Z obu stron całej gromadki komórek leży światło naczyń krwionośnych włoskowatych, zawierających po kilka krwinek czerwonych i białych. Część komórek nowotworu ugrupowała się kolisto, otaczając światło wytworzonej przez to cewy niby-gruczołowej, zapełnione złogiem żółci, posiadającym zieloną, naturalną barwę. W związku z tym złogiem leży kanalik międzykomórkowy, zaznaczony zielonym złogiem, ciągnący się między dwiema komórkami ku dołowi, gdzie trafia na trzecią komórkę, leżącą poza obrębem obrączkowato ułożonej gromadki komórek i gdzie rozgałęzia się znowu na granicy komórek. Z tymi międzykomórkowymi kanalikami jest w związku siatka kanalików śródkomórkowych, również wypełniona żółcią w barwie naturalnej; część tej sieci, znajdująca się w komórce ku dołowi leżącej, posiada między innemi odnogę ślepą, pozostającą w ścisłym stosunku z jądrem komórki. Sąsiedztwo tej komórki, utworzone po obu stronach przez naczynia włoskowate, nie pozostawia żadnej wątpliwości co do śródkomórkowego położenia kanalików, znajdujących się w tej części obrazu. (Rysunek 6).

Nadmienić jeszcze należy, że nie napotkałem nigdy w jednej i tejsamej komórce nastrzykanych żółcią w barwie naturalnej kanalików śródkomórkowych obok krwinek czerwonych w cytoplazmie

[36]) l. c. jak [35]), fig. 9, 18, 19.

Digitized by Google

lub jądrze. Nie można przesądzać, czy dalsze badania nie wykażą, że i to jest możliwe; jednakże sądząc z tego, co sam stwierdziłem odnośnie do komórek gruczolaków wątroby, i z tego, że Browicz również nie wspomina o równoczesnem pojawianiu się krwinek czerwonych i kanalików śródkomórkowych, zawierających żółć w barwie naturalnej, odnośnie do komórek wątrobnych, — możnaby może wnosić, że każdy z tych obrazów odpowiada innej fazie czynności komórki, bądź wątrobnej, bądź pokrewnej jej nowotworowej, i że fazy te są odrębne, wzajemnie się wykluczające; podobnie, w komórkach, okazujących obrazy czynności wydzielniczej śródkomórkowej, nie zdarzają się obrazy, przez cokolwiek wskazujące na czynność rozrodczą, która odbywa się chyba w zupełnie innych okresach życia komórki, niż czynność wydzielnicza i nie zgadza się z jej równoczesnem istnieniem.

Nasuwa się obecnie pytanie, jak długi czas morfologiczne wewnątrzkomórkowe zjawiska, związane z wydzielaniem żółci w komórkach gruczolaków i raków gruczolakowych wątroby, utrzymywać się mogą, skoro te komórki pod jednym lub drugim względem poczynają odbiegać coraz dalej od typu komórki macierzystej, względnie powracać do pierwotniejszego niejako stanu, do niższych stopni rozgatunkowywania się komórek przybłonkowych? a dalej, czy te zjawiska wewnątrzkomórkowe nie przybierają jakiejś odmiennej postaci z jednej strony w chwili, gdy komórka nowotworowa oddalać się poczyna w kierunku niejako wstecznym od pierwotnego typu, z drugiej zaś strony w tych przypadkach, gdy ulega ona pewnym zmianom patologicznym niejako drugorzędnym, objawiającym się zaburzeniami w budowie, względnie podziale jądra, oraz całym szeregiem zmian w cytoplazmie, uważanych powszechnie za oznakę zwyrodnienia?

Chwila, w której komórki gruczolaków i raków gruczolakowych wątroby tracą zdolność wydzielania żółci w ten sposób, jaki w komórkach wątrobnych objawia się pewnemi, ściśle określonemi zjawiskami morfologicznemi wewnątrzkomórkowemi, nie daje się oczywiście dokładnie określić z tego względu, że do dziś nie znamy jeszcze szczegółowo kolejności zmian, jakie zachodzą w komórce nowotworowej, oddalającej się od typu komórki macierzystej. Gdybyśmy tę kolejność znali, możnaby wówczas powiedzieć przynajmniej, że objawów wewnątrzkomórkowego wydzielania żółci nie napotyka się w tej a tej, ściśle określonej fazie „anaplazyi", używając wyrażenia Hansemanna. W obecnym stanie naszych wiadomości o tej złożonej sprawie powrotu komórek nowotworowych do niższego niejako stopnia rozwoju nie stać nas nawet na takie, dość niedokładne określenie.

O naszych trzech przypadkach gruczolaków, względnie raków

Digitized by Google

gruczolakowych wątroby tyle tylko powiedzieć można, że wogóle żadnych śladów opisanych powyżej zjawisk wewnątrzkomórkowych nie dostrzegałem w takich komórkach nowotworu, które zatraciły zupełnie prawie podobieństwo do komórek wątrobnych. Odnosi się to przedewszystkiem do przypadku drugiego. mianowicie do znalezionego w nim przerzutowego ogniska w kości biodrowej i do tych ognisk nowotworu w samej wątrobie, które budową swoją i znamionami komórek zbliżały się do owego ogniska przerzutowego nowotworu. W ogniskach tych pozostała komórkom nowotworowym ze wszystkich właściwości komórki wątrobnej tylko zdolność układania się w beleczki, bądź co bądź do beleczek wątrobnych podobne. Ponieważ jednak układ beleczkowaty jest tylko odosobnioną i wcale nie znamienną cechą, przeto możnaby komórki wspomnianych ognisk uważać za będące na najwyższym stopniu „anaplazyi".

Drugim szczegółem, dającym jakie takie wskazówki co do czasu utrzymywania się wewnątrzkomórkowych przejawów wydzielania żółci, było w moich przypadkach spostrzeżenie, że przejawy te nie są związane z tym lub owym rodzajem układu komórek względem siebie, nierozłącznie i stale. Mianowicie spotykałem je wprawdzie najliczniej i najczęściej w ogniskach o układzie cewkowatym, nie brakło ich jednak i w ogniskach budowy beleczkowatej, byle tylko postać i wejrzenie pojedynczych komórek nowotworu posiadała choć odległe podobieństwo z macierzystą komórką, to jest wykształconą komórką wątrobną. Zdarzały się one nawet w komórkach kształtu wyraźnie okrągławego, z wyraźną hyperchromatozą jądra, byle tylko stosunek ilościowy cytoplazmy do jądra choć w grubych zarysach przypominał komórkę wątrobną; wejrzenie samej cytoplazmy zdawało się z obecnością lub brakiem przejawów śródkomórkowego wydzielania żółci nie pozostawać w żadnym stosunku.

Dalszym szczegółem, który mógłby być przydatny, jest spostrzeganie złogów żółciowych w barwie naturalnej, leżących w kanalikach śródkomórkowych, nieraz tam, gdzieby się ich trudno było spodziewać, mianowicie w odosobnionych komórkach takich ognisk nowotworowych, w których gołem okiem nie było widać żadnych śladów wydzielania żółci i w których też większość komórek w mikroskopie żadnych takich śladów nie okazywała, a wszystkie kształtem swym, wejrzeniem cytoplazmy i jądra mniej lub więcej odbiegały od komórki wątrobnej, zachowując jeszcze właściwy jej stosunek ilościowy jądra do cytoplazmy.

Położenie jądra wśród komórki nie miało wogóle żadnego wpływu na obecność lub brak przejawów śródkomórkowych czynności wy-

Digitized by Google

dzielniczej; już zresztą w ogniskach nowotworowych o budowie cewkowatej, okazujących, jak wspomniałem, przejawy te najobficiej i najwyraźniej, jądra często odsunięte były ku obwodowi, co, że użyjemy wyrażenia M. B. Schmidta [87]), nadawało komórkom niejakie podobieństwo do przybłonka wałeczkowego, nie zacierając w nich jednak podobieństwa do komórki wątrobnej.

W końcu zauważyłem, że obecność krwinek czerwonych w cytoplazmie, względnie w jądrze komórek nowowotworowych zdarzała się znacznie rzadziej w komórkach, nieco więcej oddalonych od typu komórki macierzystej, niż w komórkach nowotworowych, że tak powiem, typowych, do jakich odnoszą się opisy na str. 74 i nast. i odpowiednie rysunki. Przytem obrazy, spotykane w tych znaczniej „anaplastycznych“ komórkach, (w których zresztą zdarzały się złogi żółciowe śródkomórkowe w barwie naturalnej, leżące w kanalikach i wakuolach), nie były ani tak wybitne, ani tak niedwuznaczne, jak w owych „typowych“ komórkach nowotworu. Rzadko tylko można było napotkać odosobnione ciałka czerwone w cytoplazmie; zlewania się gromadek krwinek czerwonych z zachowaniem jeszcze częściowem konturów i oddziaływania na barwiki nie napotkałem wcale; najczęściej jeszcze zdarzały się inkluzye plazmatyczne, zarówno w cytoplazmie, jak w jądrach, podobne do inkluzyi, opisanych na str. 78, (wiersz 9 i nast.), nie pozwalające więc na żadne stanowcze wnioski co do swego pochodzenia.

Tu wreszcie zdawałby się należeć szczegół następujący. W przypadku drugim w komórkach drobnych, okrągłych, w najwyższym stopniu „anaplastycznych“, jakie, jak wspomniałem, znajdowały się w ogniskach o układzie beleczkowatym zarówno w wątrobie, jak i w ognisku przerzutowem w kości biodrowej, spotkałem kilka razy śródjądrowe wakuole, wypełnione brunatnawymi, krystalicznymi, igiełkowatymi złogami barwika. Był to właśnie ten wyjątek, o którym w opisie podobnych wakuol w komórkach „typowych“ nowotworu powyżej wspomniałem. Obecność tych wakuol z krystalicznym barwikiem właśnie w jądrach najbardziej „anaplastycznych“ komórek, zwłaszcza we wspomnianym przerzucie, gdy nie zdołałem ich odszukać w jądrach komórek nowotworowych, mniej odbiegających od typu komórki macierzystej, była dość nieoczekiwanem zjawiskiem, którego znaczenie nie zupełnie można wytłómaczyć. Związek tych wakuol z obfitością krwi w tkance nie był zbyt widoczny, gdyż ogniska, w których te wakuole śródjądrowe się znajdowały, nie były zbyt

[87]) l. c. sub. [29]).

Digitized by Google

obficie unaczynione, ani przekrwione, — okoliczność, do której może odnieść należy rozległą nekrozę, widoczną w ognisku przerzutowem w kości. Wprawdzie w żadnem z ognisk, zawierających w komórkach te śródjądrowe wakuole z krystalicznymi złogami, nie zdołałem odszukać wnikania krwinek czerwonych do wnętrza komórek*) i wogóle w ogniskach tych nie spotykałem żadnych obrazów w tym rodzaju, jak zdarzają się w komórkach wątrobnych i w „typowych" komórkach gruczolaków wątroby; nie przemawia to jednak przeciw związkowi obecności tych wakuol z przerabianiem przez komórki barwika krwi, dostarczanego komórkom przez ciałka czerwone, ponieważ hemoglobina może krystalizować się tylko rozpuszczona, a więc zdarzyć się może, że w żadnej już komórce nie znajduje się niezmienione ciałko czerwone, w chwili, gdy w niektórych wywoływała formalina wytwarzanie się krystalicznych złogów igiełkowatych, barwika, pochodnego od hemoglobiny. Co do wakuoli z barwikiem tym krystalicznym, znajdujących się w cytoplazmie, wykazał zresztą związek ich z wnikaniem krwinek czerwonych do komórek Browicz [38]) w dwóch różnych i w odmiennych stanach znajdujących się komórkach, t. j. komórce wątrobnej i komórce mięsakowej.

Ogólnie zatem biorąc zdaje się wynikać z przytoczonych wyżej szczegółów, że śródkomórkowe morfologiczne przejawy czynności wydzielniczej komórek, w szczególności wydzielania barwików żółciowych, utrzymują się w komórkach gruczolaków i raków gruczolakowych wątroby stosunkowo bardzo długo pomimo tego, że komórki te już nawet znacznie odbiegły od typu komórki macierzystej, a nie dają się niedwuznacznie wykazać dopiero wówczas, gdy komorki nowotworowe stanęły na najniższym stopniu morfologicznej anaplazyi. Pomiędzy jednym a drugim stopniem morfologicznej anaplazyi, mianowicie tym, w którym jeszcze występują morfologiczne śródkomórkowe przejawy wydzielania żółci w całej pełni, a tym, w którym one zupełnie znikają, istnieje jednak prawdopodobnie szereg, może nawet długi, pośrednich stanów anaplastycznych, które nie są jeszcze dokładnie określone, a kto wie, czy dla naszych dzisiejszych środków badania wogóle dostępne.

---

*) Obecność krwinek czerwonych w komórkach tkanek normalnych i chorobowo zmienionych nie jest zresztą skądinąd czemś rzadkiem. Por. Browicz: „W sprawie pochodzenia melaniny", l. c. sub. [8]), str. 56, przypisek I.

[38]) Obacz: „Śródkomórkowe kanaliki żółciowe i t. d.", l. c. sub. [1]); „O patologicznym stanie jądra komórek wątrobnych" ibidem, oraz „W sprawie pochodzenia melaniny", l. c. sub. [8]), str. 56 i n.

Digitized by Google

Nasuwa się teraz pytanie, czy dałoby się wykazać, w jaki sposób komórki nowotworowe, wyzbywające się cech, odziedziczonych po komórce macierzystej, tracą zdolność wydzielania żółci? Czy dzieje się to od razu, czy też może stopniowo? Aczkolwiek próba odpowiedzi na to pytanie wobec dzisiejszych naszych wiadomości o szczegółach i kolejności okresów morfologicznej (a tembardziej funkcyonalnej) anaplazyi komórek nowotworowych jest bardzo trudna, to przecież zdaje mi się, że na podstawie niektórych szczegółów obrazów mikroskopowych możnaby pod tym względem odważyć się na przypuszczenie, że komórki nowotworowe, oddalając się od typu komórki macierzystej, nie od razu i nie równocześnie tracą zdolność wydzielania rozmaitych składników żółci.

Na możliwość tego przypuszczenia zdają się bowiem wskazywać następujące okoliczności.

Formalina, używana przeze mnie do ustalania tkanek nowotworów, pozwala spostrzegać złogi żółciowe śród- i międzykomórkowe w ich barwie naturalnej, zachowując barwiki żółciowe w stanie niezmienionym przez całe miesiące. Przekonałem się o tem na preparatach, uzyskanych z tychsamych kawałeczków tkanki, przechowywanych stale w formalinie; preparaty, robione w długich odstępach czasu, okazywały ścisłe podobieństwo w obrazach mikroskopowych. Natomiast, jeżeli po ustaleniu w formalinie cząstki tkanki leżały długi czas, przez parę miesięcy, w alkoholu, wówczas barwiki żółciowe wyługowywały się, a w miejscu złogów żółciowych pozostawała reszta składników żółci, złożona z istot białkowatych, jak o tem zdawało się świadczyć zachowanie się jej wobec barwików anilinowych kwaśnych. Zamiast zabarwienia naturalnego pojawiało się wówczas sztuczne zabarwienie złogów żółciowych, zarówno śród- jak międzykomórkowych, odpowiadające rodzajowi użytego barwika kwaśnego. Badając skrawki z dwóch cząstek tegosamego ogniska nowotworowego, z których jedna leżała cały czas w formalinie, a druga — po ustaleniu w formalinie — kilka miesięcy w alkoholu, łatwo przekonać się o identyczności złogów żółciowych barwy naturalnej ze złogami sztucznie zabarwionymi, o czem zresztą świadczy ich kształt i położenie między komórkami lub wewnątrz komórek; a wreszcie wszak już Nauwerck [39]) nie wahał się z samego tylko kształtu i położenia rozpoznać złogów żółciowych śródkomórkowych, jako takich, choć były sztucznie safraniną zabarwione, utraciwszy przedtem prawdopodobnie barwik żółciowy w środku ustala-

[39]) „Leberzellen und Gelbsucht“ *Münchener med. Wochenschrift*, 1897, Nr. 2.

Digitized by Google

jącym lub w alkoholu, użytym do stwardnienia po ustaleniu innym środkiem.

Zauważyłem, że złogi żółciowe, zarówno śród- jak międzykomórkowe, barwiły się niekiedy częściowo barwikiem anilinowym kwaśnym, a częściowo zachowywały barwę naturalną, lub też okazywały zabarwienie pośrednie, mieszane, w preparatach, które albo cały czas przechowywane były w formalinie, albo potem zaledwo dni kilka stwardniane w alkoholu, gdzie więc znaczniejsze wyługowanie barwików żółciowych nie było prawdopodobne. Zjawisko to spotkałem także w preparatach, które były robione w kilka dni po ustaleniu świeżej tkanki w formalinie, gdzie więc o wypłókaniu barwika żółci tembardziej mowy być nie mogło. Że wypłókanie takie nie nastąpiło sztucznie już po ustaleniu tkanki, świadczyła także i ta okoliczność, iż mieszane i pośrednie zabarwienia zdarzały się w niektórych złogach, odpowiadających mniej więcej wielkością i o ile to można ocenić, grubością, innym złogom, leżącym w sąsiedztwie tamtych, między komórkami, lub w sąsiednich komórkach, a posiadającym w całej pełni swą barwę naturalną. Komórki, zawierające śródkomórkowe złogi żółciowe barwy mieszanej lub pośredniej, to jest częściowo zachowujące barwę naturalną, częściowo zaś zabarwione sztucznie barwikiem anilinowym kwaśnym, były w takich razach najczęściej mniej podobne do komórek wątrobnych, niż sąsiednie komórki nowotworowe, w których cytoplazmie znajdowały się kanaliki lub wakuole, wypełnione złogami żółciowymi, zachowującymi w całej pełni barwę naturalną. Jednem słowem, morfologiczna anaplazya zdawała się być znaczniejsza w komórkach ze złogami o barwie mieszanej, niż w komórkach ze złogami o barwie naturalnej, co w wyższym jeszcze stopniu występowało na jaw w komórkach takich, w których złogi żółciowe, leżące w wakuolach i kanalikach cytoplazmy nie posiadały już ani śladu barwy naturalnej, ale były w całości sztucznie zabarwione.

Jeżeli rzeczywiście, jak przypuszczam, to niejednostajne zachowanie się barwy złogów żółciowych w sąsiednich nieraz komórkach nie zależało od sztucznych wpływów, działających już po śmierci komórek, wówczas zdawałoby się z powyższego wynikać, że utrata zdolności wydzielania rozmaitych składników żółci w komórkach raków gruczolakowych i gruczolaków wątroby w przebiegu „anaplazyi“ następuje nierównocześnie i nie naraz, że raczej w miarę wzrastającej anaplazyi komórki nowotworowe naprzód tracą zdolność wydzielania wewnątrzkomórkowego barwików żółciowych, a później dopiero niektórych innych składników żółci, należących do substancyi białkowatych.

Digitized by Google

Przyszłość dopiero okaże, o ile to przypuszczenie zgadza się z rzeczywistością; bo chociaż nie sądzę, żeby niejednostajne barwienie się złogów żółciowych śródkomórkowych, w obrębie tego samego ogniska nowotworowego, było wytworem sztucznym — to jednak, — zaznaczam to raz jeszcze — dzisiaj nie posiadamy jeszcze pewnego probierza, na podstawie którego moglibyśmy z całą stanowczością określić, że ta lub owa komórka nowotworu jest silniej anaplastyczną od drugiej, zwłaszcza, jeżeli chodzi o niewielkie różnice morfologiczne, o nieznaczne zwiększenie lub zmniejszenie rozmiarów, drobną zmianę kształtu i wejrzenia jądra i cytoplazmy komórkowej.

Pozostaje nam jeszcze rozpatrzeć się w zagadnieniu, co dzieje się z przejawami morfologicznymi czynności wydzielniczej śródkomórkowej komórek gruczolaków i raków gruczolakowych wątroby, skoro komórki te poczynają ulegać pewnym zmianom chorobowym, niejako drugorzędnym, przedewszystkiem zaś takim, które uważane są powszechnie za oznakę zwyrodnienia.

Pod tym względem przedewszystkiem należy nadmienić, że wewnątrzkomórkowego wydzielania żółci nie stwierdziłem nigdy w komórkach obumierających, których jądro barwiło się nieprawidłowo blado i nie ostro, lub ulegało rozpadowi (karyolysis); nie stwierdziłem go także nigdy w komórkach, okazujących znaczne stłuszczenie w postaci licznych kul tłuszczowych w cytoplazmie. Natomiast zdarzały się złogi żółciowe, zamknięte w kanalikach, w cytoplazmie komórek takich, w których cytoplazma zawierała mniej lub więcej liczne, duże wakuole próżne, oraz w takich, w których w cytoplazmie znajdowały się pojedyncze niewielkie kule tłuszczowe.

Zdarzało mi się także napotykać komórki, w których obok wakuoli drobniejszych i kanalików, zawierających złogi żółciowe w barwie naturalnej, znajdowały się w cytoplazmie kanaliki i drobniejsze wakuole próżne, a wreszcie komórki, w których tylko takie próżne kanaliki i drobniejsze wakuole były widoczne. Wakuoli i kanalików próżnych, istniejących równocześnie w jednej komórce obok kanalików ze złogami żółci, nie można bez zastrzeżeń uważać za oznakę zwyrodnienia, jak to przeważnie czyniono, gdyż badania Browicza[40]) sprawę tę postawiły w innem świetle. Ze względu na niezaprzeczone i zupełnie dokładne podobieństwo morfologiczne kanalików i drobniejszych wakuol próżnych, gdzie one same tylko w cytoplazmie się znajdują, do tych obrazów, w których kanaliki takie i wakuole pomieszane są w jednej komórce z kanalikami, zawierającymi żółć, —

[40]) „O budowie komórki wątrobnej", l. c. sub [1]).

Digitized by Google

należałoby, mojem zdaniem, zmienić sąd o występowaniu próżnych kanalików i wakuol drobniejszych próżnych w cytoplazmie komórek nowotworowych. Jeżeli bowiem nie zawsze, to przynajmniej w pewnej części przypadków należałoby uważać to zjawisko nie za zmianę degeneracyjną, ale za ślad, może szczątkowy, czynności wydzielniczej i odżywczej komórek nowotworowych, odbywającej się w warunkach patologicznych.

Pokrewnem z temi zjawiskami kanalizacyi i wakuolizacyi bez występowania widocznej w naturalnej barwie treści żółciowej w powstających przestrzeniach, — zdaje się być występowanie jakby znacznie rozszerzonych kanalików i wakuol wskutek nagromadzenia się w nich jakiejś treści, nie zachowującej jednakże barwy naturalnej barwików żółciowych, natomiast barwiącej się sztucznie barwikami anilinowymi kwaśnymi, podobnie jak cytoplazma, tylko silniej.

Wspominałem powyżej o pojawianiu się podobnych złogów, wypełniających wakuole i kanaliki cytoplazmy, a barwiących się barwikami kwaśnymi, — w komórkach nowotworowych, które, jak się zdaje, uległy nieco znaczniejszej anaplazyi i przy tem utraciły zdolność wydzielania barwików żółciowych, nie tracąc jeszcze zupełnie zdolności wydzielania innych składników żółci. Otóż zjawisko, o którem obecnie chcę mówić, tem różniło się od poprzedniego, że występowało w komórkach nowotworowych, nie odbiegających zresztą znaczniej od typu komórki macierzystej, a więc nie anaplastycznych w znaczniejszym stopniu, natomiast zaś okazujących zmiany w jądrach (często wielokrotnych), mogące uchodzić za chorobowe, jakoto zmianę wielkości i postaci całego jądra, nieprawidłowo grubą i obfitą sieć chromatynową, lub odwrotnie, zubożenie w chromatynę, oraz — często wielokrotne — rozmaitego rodzaju i postaci wakuole, zawierające grudki chromatyny lub achromatynowe inkluzye śródjądrowe. Wreszcie występujące przy tem w cytoplazmie kanaliki i wakuole ze złogami, barwiącymi się sztucznie, były jakby nadmiernie rozszerzone, nie zatracając jednak podobieństwa z kanalikami, zawierającymi treść żółciową, prawidłowo zabarwioną, jakie się napotyka w komórkach wątrobnych i komórkach gruczolaków wątroby.

Z porównania trzech obrazów, t. j. komórki nowotworowej ze złogami żółciowymi barwy naturalnej w wakuolach i kanalikach cytoplazmy, komórki nowotworowej »anaplastycznej“ ze złogami sztucznie się barwiącymi i komórki nowotworu z podobnymi złogami, jakby nadmiernie nagromadzonymi przy równoczesnem mniej więcej dokładnem utrzymaniu cech komórki macierzystej obok objawów wtórnych niejako zmian patologicznych jądra komórkowego, — zdawałoby się

Digitized by Google

wynikać, że mamy do czynienia we wszystkich trzech przypadkach ze zjawiskiem w zasadzie jednakiem, to jest ze śródkomórkowem wydzielaniem żółci, odbywającem się jednak w rozmaitych warunkach i to tylko w pierwszym przypadku odbywającem się całkowicie, zupełnie, w dwóch drugich zaś niezupełnie. niejako częściowo. Należałoby zatem z tego wnosić, że w pewnych wtórnych stanach patologicznych samejże komórki nowotworowej, skądinąd — mówiąc dla skrócenia — „typowej", — może się zatracać zdolność śródkomórkowego wydzielania żółci również, jak w przebiegu morfologicznej anaplazyi, nie od razu i nie całkowicie, lecz częściowo i to mianowicie naprzód w zakresie wydzielania barwików żółciowych.

Z porównania zaś złogów żółciowych, barwiących się sztucznie, a znajdujących się w kanalikach i wakuolach cytoplazmy komórek gruczolaków i raków gruczolakowych wątroby, z inkluzyami protoplazmatycznemi, nie zawierającemi chromatyny, a znajdującemi się wśród cytoplazmy komórek rozmaitych nowotworów, szczególnie zaś raków przybłonkowych, należałoby, widząc ich niezaprzeczone nieraz podobieństwo, wysnuć może znowu ten wniosek, który zdaje się uzasadniony przy rozpatrywaniu losów krwinek czerwonych w cytoplazmie komórki przybłonkowej; to jest wniosek, że pewna część inkluzyi plazmatycznych w komórkach nowotworów powstaje może nie jako objaw spraw degeneracyjnych, że natomiast, jak w danym przypadku, są to może przejawy szczątkowe czynności wydzielniczej cytoplazmy, przywiązanej do fizyologicznych zadań komórki, lecz spaczonej przez wtórne warunki patologiczne. w których się komórka znalazła.

Do tych wtórnych niejako zmian patologicznych zaliczyćby może jeszcze należało pewną część zmian, spotykanych w jądrach komórek nowotworowych, a objawiających się nieprawidłościami w podziale jądra i wynikającymi stąd skutkami. Chcę tu mówić o podziale jądra nierównomiernym i wielokrotnym i o wynikających z tego stanach, jako to: obecność w jednej i tejsamej komórce dwóch lub więcej jąder nierównych rozmiarów i nierówno uposażonych w chromatynę, a dalej występowanie komórek wielojądrzastych, komórek olbrzymich o kilku lub kilkunastu, a nawet kilkudziesięciu jądrach, bądźto różnej, bądź jednej wielkości, mających zresztą wejrzenie jąder prawidłowych; wreszcie pojawianie się jąder zmienionych w sposób, powszechnie uważany za patologiczny, jakoto jąder nieprawidłowego kształtu, zbyt bogatych lub odwrotnie zbyt skąpo zaopatrzonych w chromatynę, po kilka w jednej komórce.

Wszystkie te rodzaje zmian można napotkać bez trudności w pewnych częściach nowotworu we wszystkich trzech naszych przy-

Digitized by Google

padkach. Poszukując w tak zmienionych komórkach dowodów wewnątrzkomórkowej czynności wydzielniczej, spotkałem się z bardzo wybitnymi obrazami w postaci kanalików w cytoplazmie, wypełnionych żółcią w barwie naturalnej, a czasem zachowujących jeszcze wyraźnie blizki swój stosunek z jednem z jąder komórki nowotworowej. Obrazy te spotkałem zarówno w komórkach z kilku jądrami nierównej wielkości i nierówno uposażonemi w chromatynę, (Rys. 10.), jak i w prawdziwych olbrzymich komórkach, wyposażonych kilkunastu lub kilkudziesięciu jądrami równej mniej więcej wielkości, a o wejrzeniu jąder prawidłowych, (Rys. 11.), jak wreszcie i w komórkach z kilku jądrami nieprawidłowego kształtu.

Z całości badań powyższych zdawałyby się wypływać następujące wnioski:

1. W komórkach gruczolaków i raków gruczolakowych wątroby można wykazać takie same stany, jakie napotyka się w komórce wątrobnej, a jakie są przejawem śródkomórkowego wydzielania żółci, w którem bierze czynny udział także jądro komórkowe, przerabiając hemoglobinę ciałek krwi czerwonych, dostających się w całości aż do wnętrza jąder, na barwiki żółciowe.

2. Stany te utrzymują się. przynajmniej częściowo, jako właściwość komórki nowotworowej, długi czas, pomimo tego, że komórka znacznie nawet odbiegła od typu komórki macierzystej.

3. Stany te mogą się utrzymywać jeszcze przez jakiś czas, chociaż komórka nowotworowa poczyna ulegać wtórnym zmianom patologicznym, w szczególności zaburzeniom w podziale jądra, oraz zwyrodnieniom protoplazmy.

4. Morfologiczne wewnątrzkomórkowe zjawiska, wykryte przez Browicza w komórce wątrobnej, należy wobec tego uważać za jaknajściślej związane ze sprawą wydzielania żółci. względnie z przeróbką hemoglobiny na barwiki żółciowe; zjawiska te zdają się być koniecznym warunkiem tych spraw.

5. Jak się zdaje, komórki nowotworowe, cofając się na niższy stopień swej organizacyi (ulegając „anaplazyi"), tracą zdolność wewnątrzkomórkowego wydzielania żółci nie od razu; podczas stopniowej utraty tej zdolności wyzbywają się komórki nowotworowe najprawdopodobniej naprzód zdolności wydzielania barwików żółciowych.

Digitized by Google

6. Być może, że i podczas rozwijających się wtórnych zmian patologicznych komórek nowotworowych (raków i gruczolaków wątroby), w szczególności w zwyrodnieniach, rozpoczyna się utrata zdolności wydzielania żółci od utraty zdolności wydzielania barwików żółciowych.

7. Pewną część inkluzyi protoplazmatycznych achromatynowych, spotykanych w cytoplazmie komórek nowotworów rozmaitego rodzaju, lecz przedewszystkiem nowotworów przybłonkowych, a może i pewną część inkluzyi protoplazmatycznych śródjądrowych należałoby, wbrew dotychczasowym, panującym zapatrywaniom, wykluczyć z klasy zmian degeneracyjnych, a w każdym razie nie można wszystkich zaliczać bez zastrzeżeń do zmian takich. Jest bowiem możliwe, że niektóre z tych inkluzyi pochodzą ze zmienionych krwinek czerwonych, które dostały się do wnętrza komórki; pewna zaś znowu część tych inkluzyi, jak to z wielkiem prawdopodobieństwem przypuszczać należy, nie jest objawem zmian chorobowych cytoplazmy, lecz skutkiem, może szczątkowym, czynności wydzielniczej, związanej z fizyologicznemi zadaniami komórki, lecz spaczonej przez wtórne warunki patologiczne, w jakich się komórka znalazła.

Kraków, dnia 9. lipca 1899.

Objaśnienie rysunków.

Wszystkie rysunki zdjęte z pomocą aparatu rysunkowego Abbé-Zeissa; rysunek 9 przy zwykłych soczewkach Reicherta, Obj. 8 a, Ocul. 4., inne rysunki gromad komórkowych przy apochromatach Reicherta Obj. 2 mm. Ocul. komp. 4, rysunki pojedynczych komórek Obj. Imm. Apochr., Ocul. komp. 4. Stała długość mikroskopu 160 mm.

1. Krwinka czerwona w wakuoli blizko brzegu komórki gruczolakowej, sąsiadującej z naczyniem, zawierającem kilka innych krwinek.

2. Krwinki czerwone śród cytoplazmy i śród jądra komórek gruczolakowych.

3. Dwie komórki gruczolakowe w sąsiedztwie naczynia krwionośnego, zawierającego krwinki czerwone; w dolnej komórce liczne krwinki czerwone, leżące z osobna, prawidłowej wielkości i postaci; w górnej dwie wakuole z kulami, powstałemi, jak się zdaje, ze zlania się kilku krwinek.

4. Dwie komórki gruczolakowe z wakuolami, zawierającemi gromadki krwinek, zlewających się ze sobą, lub powstałe stąd kule, barwiące się taksamo, jak krwinki.

5. Wakuola śródjądrowa w komórce gruczolakowej, zawierająca gromadkę krwinek, po lewej stronie dających się jeszcze zosobna odróżnić i barwiących się prawidłowo, po prawej zlewających się ze sobą i barwiących się odmiennie.

6. Gromadka komórek gruczolakowych pomiędzy dwoma naczyniami krwionośnemi, włoskowatemi, układająca się w cewę nibygruczołową. W świetle cewy złóg żółciowy w barwie naturalnej zielonej, połączony ze złogiem międzykomórkowym,

Digitized by Google

biegnącym ku dołowi i rozgałęziającym się zarówno między komórkami, jak i we wnętrzu komórek. Jedna z gałązek śródkomórkowych dociera do jądra, osadzonego na jej ślepym końcu czapkowato.

7. Kanaliki śródkomórkowe, wypełnione żółcią w barwie naturalnej, w komórce gruczolakowej. Na końcu jednego z kanalików czapkowato osadzone jądro.

8. Wakuola z igiełkowatymi złogami brunatnego barwika śród jądra komórki gruczolakowej.

9. Gromada komórek gruczolakowych, ustawiona kolisto w kształcie cewy nibygruczołowej. W świetle cewy złóg żółciowy w barwie naturalnej, brunatnej, w komórkach podobne złogi śródkomórkowe w wakuolach i kanalikach rozgałęzionych (zwłaszcza w komórce od dołu).

10. Komórka gruczolakowa o kilku różnej wielkości jądrach, zawierająca wakuole i kanaliki ze złogami żółciowymi barwy naturalnej, zielonej.

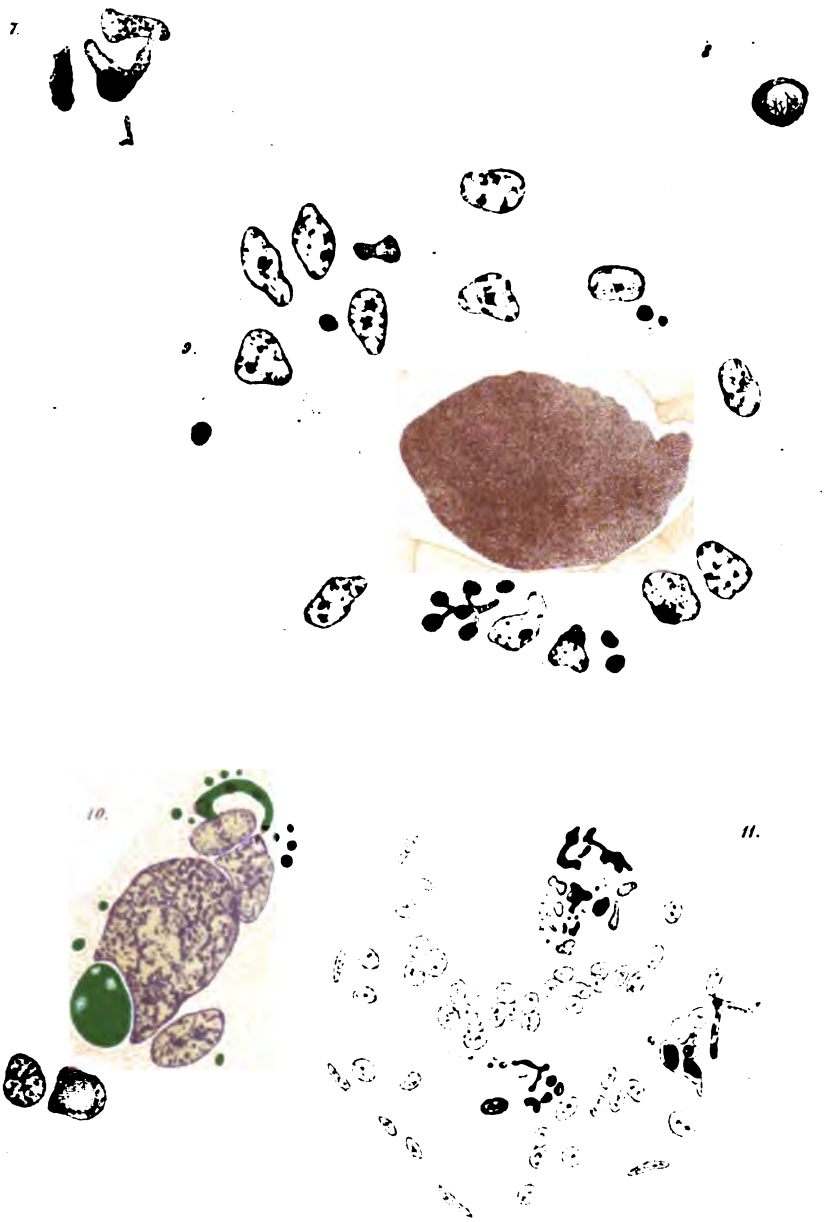
11. Komórka gruczolakowa, olbrzymia, wielojądrzasta, z gromadką komórek sąsiednich. W cytoplazmie liczne wakuole i kanaliki z żółcią barwy naturalnej, zielonej, nadto wakuole jasne (kwas osmowy wykazywał w nich obecność tłuszczu).

Digitized by Google

Digitized by Google

St. Ciechanowski.

Digitized by Google



Lit. K. Franikowski Prahou.

Digitized by Google

Digitized by Google

O „Fenyliminach oksyacetofenonów"

Przez

T. Emilewicza.

Wniesiono na posiedzeniu Wyds. mat.-przyr. d. 7. maja 1900; ref. czł. Baudrowski.

Kondensacya aromatycznych aldehydów z aniliną lub jej hemologami zachodzi nadzwyczajnie łatwo, wystarczy bowiem w zasadzie odpowiedny aldehyd rozpuścić w wyskoku i dodać do tego rozczynu aminu, aby otrzymać ilościowo fenylimin aldehydu. Jak wykazują odpowiedne badania np. Haegele'go [1]), zachowują się w tych samych warunkach ketony aromatyczne zupełnie biernie tak, że musiano uciekać się do dróg pośrednich, mianowicie do chlorków (otrzymanych działaniem pięciochlorku fosforu na ketony) i tymi dopiero działać na aminy, aby otrzymać produkta analogiczne z fenyliminami aldehydów.

W pewnych jednakże warunkach można otrzymać fenyliminy acetofenonów wprost przez działanie tych ostatnich na aminy w temperaturze około 200° C., a mianowicie tylko wówczas i to bardzo łatwo, jeżeli w położeniu orto- do grupy karbonylowej (CO) znajduje się grupa wodorotlenowa (OH). Jak wykazali Graebe, Graebe i Keller F., Graebe i Röder P. [2]); zachowują się w ten sposób pochodne benzofenonu, które tylko wówczas wchodzą w reakcyę z aminami a także

[1]) Ber. d. Deutsch. Chem. Gesel. B. 25, (1892), 2755.

[2]) Ber. d. Deutsch. Chem. Gesel. B. 32, (1899), 1675—1688 Juni-Heft.

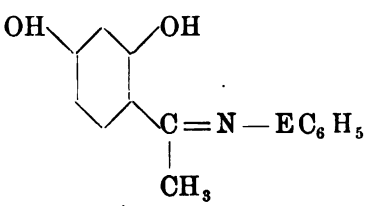
Digitized by Google

i z amoniakiem, jeżeli posiadają w orto- położeniu do grupy karbonylowej (CO) — grupy OH, OCH_3, CH_3, Cl etc.[1]).

C. Graebe otrzymywał odpowiedne fenyliminy, ogrzewając ortopochodne benzofenonu $C_6H_5 . CO . C_6H_5$, (np. o-oksybenzofenonfenylimin) z równemi ciężarowemi częściami, a zawsze z nadmiarem aminu, jak aniliny przez 2—3 godzin do temperatury 190—200° (w mieszaninie mierzone), a w niektórych przypadkach np. przy o-tolylfenylketonfenyliminie przez 6—8 godzin.

W podobnych warunkach zachodzi reakcya między o-oksyacetofenonami i aniliną lub jej pochodnymi, czas trwania reakcyi jest jednakże daleko krótszy, wystarcza bowiem ogrzewać keton z nadmiarem aminu do temp. wrzenia przez 5—10 minut, aby otrzymać fenylimin prawie od razu czysty i w ilościowym wydatku. W ten sposób otrzymano produkta kondensacyi resacetofenonu, chinacetofenonu, galacetofenonu α-acet-naftolu, podczas gdy z p-oksyacetofenonu i aceto-brenzkatechiny w tych samych warunkach nie zdołano otrzymać fenyliminów.

Resacetofenon-fenylimin,



powstaje bardzo łatwo, jeżeli keton ogrzewać będziemy przez 5—10 minut do wrzenia z 2—3 częściami aniliny. Po oziębieniu rozpuszcza się pozostałą masę napół-stałą w alkoholu na gorąco i oziębia aż do wykrystalizowania. Po pierwszej krystalizacyi jest produkt kondensacyi zawsze jeszcze silnie zabarwiony na wiśniowo lub czerwono. W celu uwolnienia go od zabarwień rozpuszcza się ponownie w wyskoku, wygotowuje dwukrotnie z węglem zwierzęcym (do odbarwienia), krystalizuje. a po wysuszeniu jeszcze z benzolu, który jest doskonałym środkiem do uwolnienia od reszty zanieczyszczeń, dwukrotnie przekrystalizowuje się. W wyskoku, powstają podczas oziębienia igiełki, w benzolu krótkie, stępione słupki, barwy jasno-żółtej o p. t. 205—206°.

Resacetofenonfenylimin powstaje z 1 dr. resacetofenonu i 1 dr.

[1]) Praca niniejsza rozpoczętą została jeszcze w maju 1898, a więc na rok przed ogłoszonymi pracami prof. C. Graebego i jego uczniów.

Digitized by Google

aniliny (fenylaminu), przez wydzielenie się składników wody według zrównania:

$$C_8 H_8 O_3 + C_6 H_7 N = C_{14} H_{13} O_2 N + H_2 O.$$

Z 0·1974 g. substancyi otrzymano 0·5324 g. CO_2 i 0·1015 g. $H_2 O$.

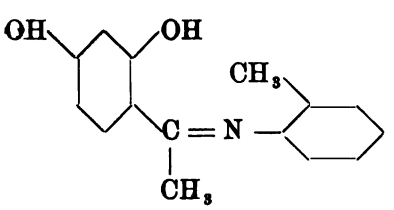
Z 0·1990 g. substancyi otrzymano 10·5 cm.³ azotu w $t^0 = 19^0$ C. i b = 756·5 mm., co odpowiada 0·012004 g. azotu.

Ze wzoru $C_{14} H_{13} NO_2$ następujące liczby

obliczono:	znaleziono:
C = 74·00 %	73·60 %
H = 5·73 „	5·71 „
N = 6·17 „	6·03 „

Resacetofenonfenylimin rozpuszcza się na gorąco dość łatwo w wyskoku, trudniej w eterze lub benzolu, dość łatwo w stężonym kwasie octowym. Rozpuszcza się cokolwiek w stężonym kwasie solnym na gorąco, z rozczynu wypadają po dłuższem staniu na zimno igiełki, prawdopodobnie chlorek, które na powietrzu bardzo łatwo się przekształcają, utracając chlorowodór. W razie dłuższego stania, albo podczas ogrzewania z rozcieńczonymi kwasami rychło ulega rozkładowi na resacetofenon i sól aniliny. W wodoro-tlenkach potasowców rozpuszcza się ulegając przytem rozkładowi na anilinę i resacetofenon, który po odpędzeniu z parami wodnemi aniliny, i po zakwaszeniu, można eterem wyciągnąć. Rozkład zachodzi bez tworzenia się produktów ubocznych, a więc ilościowo.

Resacetofenon-o-tolylimin



powstaje jak poprzednio przez ogrzewanie 1 cz. resacetofonu z 1½—2 cz. o-toluioidylyny przez kilka minut do temperatury około 200° C. Po przekrystalizowaniu z alkoholu, wygotowaniu z węglem zwierzęcym i wykrystalizowaniu się wreszcie z benzolu, tworzy żółte igiełki (z alkoholu) lub równo ścięte słupki o p. t. 169—170° C.

Digitized by Google

Z 0·1938 g. substancyi otrzymano 0·5322 g. CO_2 i 0·1076 g. H_2O.

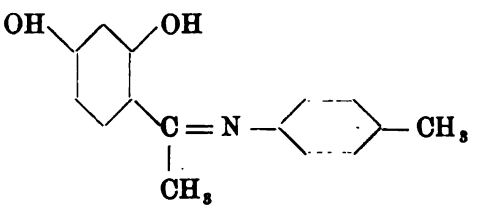
Z 0·2000 g. substancyi otrzymano 10·7 cm.³ azotu pod ciśnieniem 740 mm. i w temperaturze 22° C., co odpowiada 0·01178 g. azotu.

Według wzoru $C_{15}H_{15}NO_2$

obliczono:	znaleziono:
C = 74·69 %	74·88 %
H = 6·22 „	6·17 „
N = 5·81 „	5·89 „

Z kwasami i zasadami zachowuje się o-tolylimin resacetofenonu zupełnie analogicznie do poprzedniego.

Resacetofenon-p-tolylimin,



otrzymany, jak poprzednie, z 1 cz. ketonu i 1·3 cz. p. toluidyny, tworzy po przekrystalizowaniu z benzolu żółte, podobne do poprzednich, kryształki o p. t. 182—183°.

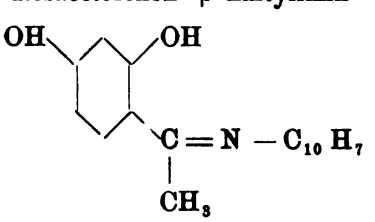
Z 0·1784 g. substancyi otrzymano 0·4872 g. CO_2 i 0·1026 g. H_2O.

Z 0·3898 g. substancyi otrzymano 21·5 cm.³ azotu w t. = 26° C. i pod ciśnieniem 736 mm.

Według wzoru $C_{15}H_{15}NO_2$

obliczono:	znaleziono:
C = 74·69 %	74·48 %
H = 6·22 „	6·39 „
N = 5·81 „	5·91 „

Resacetofenon- β naftylimin



Digitized by Google

otrzymany przez ogrzewanie równych drobinowych ilości ketonu i β-naftylaminu przez 20—30 minut w łaźni olejowej na 190—200° C. Tworzy żółte blaszki z benzolu lub wyskoku o p. t. 206—207° C.

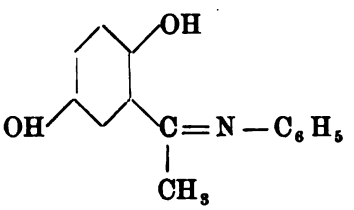
Z 0·2000 g. substancyi otrzymano 9·0 cm.³ azotu w t. = 21° C. i pod ciśnieniem = 742·5 mm., co odpowiada 0·00995 g. azotu.

Według wzoru $C_{18}H_{15}NO_2$

obliczono:	znaleziono:
N = 5·05 %	4·98 %

Trudniej rozpuszczalny w rozczynnikach niż poprzednie. Z wodorotlenkiem sodowym rozkłada się natychmiast.

Chinacetofenonfenylimin.



Chinacetofenon otrzymany podobnie jak i resacetofenon po raz pierwszy przez Nenckiego [1]), daje zupełnie analogiczny fenylimin, który tylko silniej jest zabarwiony od resacetofenyliminu, co już z góry można było przewidzieć. Chinacetofenon sam jest już bowiem zabarwiony na żółto, podczas gdy resacetofenon czysty jest ciałem bezbarwnem. Chinacetofenonfenylimin otrzymany jak poprzednie, wydziela się z wyskoku lub benzolu w postaci żółtych blaszek, które około 181° spiekają się, a w 198° C. się topią.

Z 0·1998 g. substancyi otrzymano 10·5 cm.³ azotu pod ciśnieniem 745·2 mm. i w t. = 17·5° C., co odpowiada 0·011914 g. N.

Według wzoru $C_{14}H_{13}NO_2$

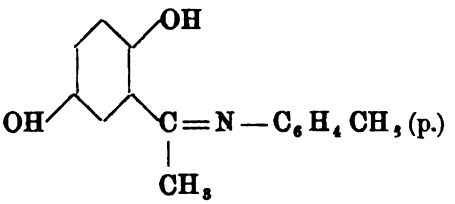
obliczono:	znaleziono:
N = 6·17 %	6·15 %

Dość łatwo rozpuszczalny we wrzącym wyskoku, trudniej w gorącym benzolu, bardzo łatwo w gorącym, stężonym kwasie octowym. Z kwasami i zasadami zachowuje się jak poprzednie.

[1]) Nencki, Sieber. J. pr. [2], 23, 147. N., Schmidt J. pr. [2], 23, 546.

Digitized by Google

Chinacetofenon p- tolylimin



otrzymany jak poprzedni, tworzy po przekrystalizowaniu się z alkoholu lub benzolu, z którego od razu czysty wypada, pomarańczowo-żółte igiełki lub blaszki o p. t. 164—165° C.

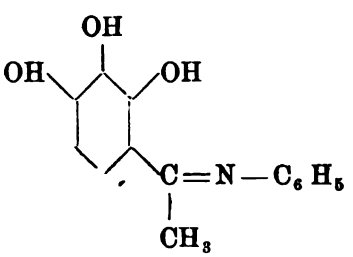
Z 0·2014 g. substancyi otrzymano 10·5 cm.³ azotu w 18·5° C. i pod ciśnieniem barom. 744·2 mm., co odpowiada 0·01184408 g. azotu.

Według wzoru $C_{15} H_{15} NO_2$

obliczono:	znaleziono:
N = 5·81 %	5·88 %

Z kwasami i zasadami zachowuje się jak poprzednie.

Galacetofenon-fenylimin



podobnie jak i poprzednie oksyketony kondensuje się bardzo łatwo z aniliną. Produkt surowy krystalizuje się po dwukrotnem wygotowaniu z węglem zwierzęcym w postaci długich, cienkich igieł, barwy pomarańczowo-żółtej o p. t. 171—172° C.

Z 0·2024 g. substancyi otrzymano 10·6 cm.³ azotu w t. = 19·5 C. i pod ciśnieniem 740·8 mm., co odpowiada 0·0118352 g. azotu.

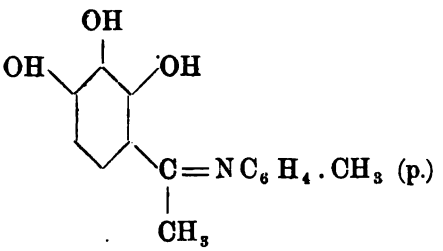
Według wzoru $C_{14} H_{13} NO_3$

obliczono:	znaleziono:
N = 5·76 %	5·84 %

Łatwo rozpuszczalny w gorącym wyskoku, eterze, trudniej w benzolu i ligroinie.

Digitized by Google

Galacetofenon p. tolylimin



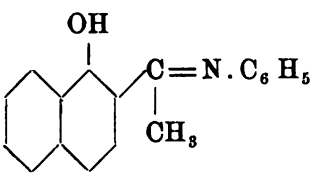
krystalizuje się z wyskoku w dużych pryzmach lub igiełkach barwy oliwkowej. Topi się w 172—173°, ulegając przy tem częściowo rozkładowi.

Z 0·2020 g. substancyi otrzymano 10·2 cm.³ azotu w t. = 17·8° C. i pod ciśnieniem 730·0 mm., co odpowiada 0·011305 g. azotu.

Według wzoru $C_{15}H_{15}NO_3$

obliczono:	znaleziono:
N = 5·45 %	5·59 %

α- Acetonaftol-fenylimin,



z powyżej wspomnianych oksyketonów, kondensuje się najłatwiej. Produkt kondensacyi z aniliną, krystalizuje się z wyskoku w długich, cienkich igiełkach, czasami cienkich blaszkach barwy cytrynowo-żółtej. Około 100° C. spieka się i w 118—119° topi się na ciecz barwy silnie żółtej.

Z 0·2010 g. substancyi otrzymano 9·2 cm.³ azotu w 21° C. i pod ciśnieniem 745 mm.

Według wzoru $C_{18}H_{15}NO$

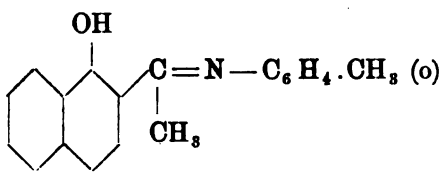
obliczono:	znaleziono:
N = 5·36 %	5·11 %

W wodzie nierozpuszczalny, łatwo w gorącym wyskoku, mniej w zimnym, dość trudno w eterze. Rozpuszcza się bardzo łatwo w stę-

Digitized by Google

żonym kwasie octowym na gorąco i daje się z niego wykrystalizować, nie ulegając przy tem rozkładowi. Po rozpuszczeniu w gorącym, stężonym kwasie solnym, krystalizuje się po oziębieniu prawdopodobnie chlorek α-acetonaftol-fenyliminu, jako długie, pomarańczowo-żółte, jedwabiste igiełki, które podczas suszenia na powietrzu utracają chlorowodór. Z wodorotlenkami potasowców rozkłada się stosunkowo dość trudno nawet przez ogrzewanie, łatwiej z rozcieńczonymi kwasami.

α- Acetonaftol- o- tolylimin



zupełnie podobny do fenyliminu. Żółte, na kilka centymetrów długie igły z wyskoku o p. t. 118—119° C.

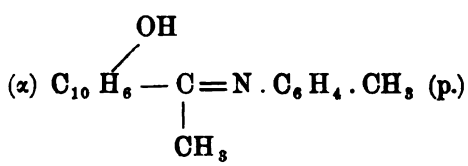
Z 0·1928 g. substancyi otrzymano 9·2 cm.³ azotu w t. = 22° C. i pod ciśnieniem 745·6 mm., co odpowiada 0·010207 g. azotu.

Według wzoru $C_{19}H_{17}NO$

obliczono:	znaleziono:
N = 5·10 %	5·34 %

Z kwasami i zasadami zachowuje się podobnie, jak fenylimin α- acetonaftolu.

α- Acetonaftol- p. tolylimin,



po wykrystalizowaniu się z wyskoku, tworzy żółte, słupkowate, ścięte igiełki o p. t. 125° C.

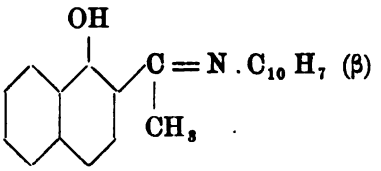
Z 0·2028 g. substancyi otrzymano 9·2 cm.³ azotu w t. = 21° C. i pod ciśnieniem 745 mm., co odpowiada 0·0102547 g. N.

Według wzoru $C_{19}H_{17}NO$

obliczono:	znaleziono:
N = 5·10 %	5·05 %

Digitized by Google

α- Acetonaftol -β naftylimin,



otrzymany przez ogrzewanie równych części α- acetonaftolu i β- naftylaminu, krystalizuje się z wyskoku w postaci cienkich igiełek lub blaszek barwy silnie żółtej o p. t. 152—153° C.

Z 0·2028 g. substancyi otrzymano 8·6 cm.³ azotu w t. = 17·5 C. i pod ciśnieniem 731·5 mm., co odpowiada 0·0095682 g. N.

Według wzoru $C_{22} H_{17} NO$

obliczono:	znaleziono:
N = 4·50 %	4·71 %

Jest dość trudno rozpuszczalny w gorącym wyskoku, eterze i t. p.

Digitized by Google

O działaniu bromonitrobenzolów na parafenylenodwuamin

Przez

E. Bandrowskiego.

Wniesiono na posiedzeniu Wydz. mat.-przyr. d. 7. maja 1900.

Pracę niniejszą rozpocząłem w celu syntezy nieznanych dotąd dwu-amido-dwufenylo-parazofenylenów ogólnego wzoru:

$$C_6H_4\begin{cases}N.C_6H_4.NH_2\\ \\ N.C_6H_4.NH_2\end{cases} = C_{18}H_{16}N_4.$$

Związki te, pochodne dwufenyloparazofenylenu $C_{18}H_{14}N_2$ [1]), zapowiadają się jako barwiki a ze względu na pewne podobieństwo swej budowy zbliżonej do safranin, zasługiwałyby na bliższe zbadanie. Niestety — usiłowania moje nie zostały dotychczas uwieńczone pomyślnym skutkiem; nie zdołałem bowiem dokonać powyższej syntezy. Nie pozostaje mi przeto nic innego, jak tylko zapisać te nowe fakta, które w ciągu mych badań stwierdziłem.

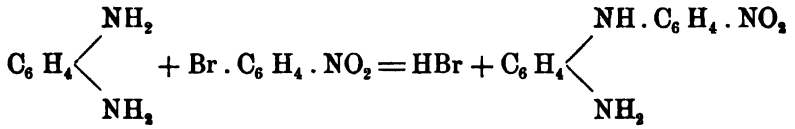
Z trzech bromonitrobenzolów działają na parafenylenodwuamin tylko dwa, t. j. tylko para i ortobromonitrobenzol; trzeci, t. j. meta-

[1]) Rozpr. Wydz. mat.-przyr.

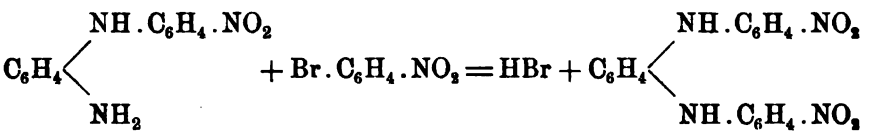
Digitized by Google

związek nie wchodzi w działanie, co się zgadza z postrzeżeniami w tej sprawie dotąd czynionemi.

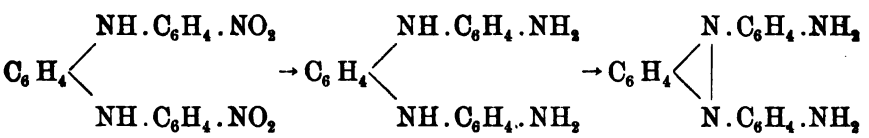
Oba bromonitrobenzole działają na parafenylenodwuamin według równania:



t. zn. wytwarzają odnośne nitroamidodwufenylaminy. Dalszej reakcyi teoretycznie uzasadnionej, mogącej doprowadzić do odpowiednich dwunitrofenylo-parafenylenodwuaminów według równania:



nie zdołałem urzeczywistnić; z tego też powodu synteza dwuamidodwufenylo-parazofenylenów w myśl zestawienia:



okazała się niemożliwa.

Ale i pierwsze działania odbywają się opornie, nigdy ilościowo, a zawsze obok kilku innych powodujących powstawanie kilku przetworów ubocznych.

Działanie parabromonitrobenzolu na parafenylenodwuamin.

Po licznych próbach pokazało się, że najlepiej postępować według następującego przepisu:

Parafenylenodwuamin, parabromonitrobenzol i suchy octan sodowy lub potasowy miesza się w stosunku drobinowym 2 : 1 : 1, rozciera w moździerzyku porcelanowym, zatapia w ilościach po 20 gr. w rurach szklanych z 15—20 cm. wyskoku i ogrzewa przez 8—10 godzin w ciepłocie 160—170°. Po oziębieniu i otwarciu rur — niema żadnego ciśnienia — paruje się ich zawartość w łaźni wodnej w czarce

Digitized by Google

porcelanowej do suchości, a roztartą pozostałość ługuje eterem w przyrządzie Soxleta, aż odpływający eter nie będzie bezbarwny. Z rozczynu eterowego, który jest zawsze krwisto-czerwony, wydzielają się już podczas ługowania kryształki szaro-czerwone i to w znacznej ilości. W torebce ekstraktora pozostaje dużo stosunkowo ciała szarego — jak się później pokaże — mieszaniny kilku związków.

Nasamprzód zająłem się zbadaniem osadu krystalicznego, wydzielonego z rozczynu eterowego. Znajdują się w nim cztery związki, a to: parafenylenodwuamin, paranitro-paraamidodwufenylamin, parabromonitrobenzol i dwuparabromoazobenzol.

W celu oddzielenia parafenylenodwuaminu przemywa się osad na sączku wrzącą wodą tak długo, aż w opłuczynach stężony kwas solny nie wywołuje już osadu. Poczem gotuje się pozostałość z rozcieńczonym kwasem solnym i przesącza. W rozczynie wydziela się chlorek paranitroparamidodwufenylaminu w postaci długich nitkowatych jasno-żółtych kryształków; na sączku pozostaje parabromonitrobenzol i dwuparabromoazobenzol, które rozdziela się zapomocą rozcieńczonego wyskoku.

Chlorek paranitro-paraamidodwufenylaminu jest zazwyczaj zanieczyszczony małemi ilościami parabromonitrobenzolu, który rozpuszcza się nieco w gorącej wodzie; w celu oczyszczenia należy surowy chlorek ługować eterem, a następnie przekrystalizować ponownie z rozcieńczonego kwasu solnego. Czysty preparat tworzy kryształki długie a płaskie, jasno-żółte; już w powietrzu utraca zwolna chlorowodór i zamienia się na wolną zasadę, wskutek czego czerwienieje; tegoż samego rozkładu doznaje także pod wpływem wody, z czego wnosić należy, że paranitro-para-amidodwufenylamin jest słabą zasadą.

otrzymano:	wzór $C_{12}H_{12}N_3O_2 . Cl$ wymaga:
Cl = 14·60	Cl = 14·84

Z chlorku łatwo już otrzymać wolną zasadę działając amoniakiem na rozczyn jego w kwasie solnym; wtedy opada ona w postaci drobnych kryształków ciemno-czerwonych. Po przekrystalizowaniu z wyskoku przedstawia się paranitro-paraminodwufenylamin w postaci pięknych, niekiedy do 0·5 cm. długich kryształków barwy wiśniowo-fioletowej, o połysku metalicznym, iryzujących na powierzchni. Topnieją w 211—212°, nie rozpuszczają się w wodzie, trudno w wyskoku, łatwiej w kwasach, które to ostatnie rozczyny są jasno-żółte (sole).

Digitized by Google

otrzymano:	wzór $C_{12} H_{13} N_3 O_2$ wymaga:
C = 62·98	C = 62·87
H = 5·18	H = 4·81
N = 18·25	N = 18·34

Budowę paranitro-paramidwufenylaminu stwierdzają następujące pochodne:

p. Acetyloamido-p.-nitrodwufenylamin

$$C_6 H_4 \begin{cases} NH . C_6 H_4 . NO_2 \\ NH . (C_2 H_3 O) \end{cases}$$

tworzy się podczas ogrzewania wolnej zasady z bezwodnikiem kwasu octowego przez krótki czas w łaźni wodnej i opada po dodaniu wody jako osad ciemno-żółty. Po kilkakrotnem przekrystalizowaniu z wyskoku, otrzymano kryształki ciemno-żółte, topniejące w 221°, trudno rozpuszczalne w wyskoku i t. d., odtwarzające z kwasami i zasadami związki, z których powstały.

otrzymano:	wzór $C_{14} H_{13} N_3 O_3$ wymaga:
N = 15·28	N = 15·48

P. nitro-p.-etyloamidodwufenylamin

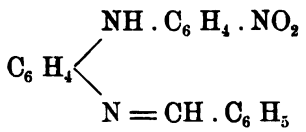
$$C_6 H_4 \begin{cases} NH . C_6 H_4 . NO_2 \\ NH . (C_2 H_5) \end{cases}$$

tworzy się podczas ogrzewania wolnej zasady (1 drob.) z jodkiem etylowym (1 drob.) i wodorotlenkiem potasowym lub sodowym (nieco mniej niż 1 drob.) w rozczynie wyskokowym w łaźni wodnej. Po skończonej reakcyi (rozczyn oddziaływa obojętnie) odpędza się nadmiar wyskoku, dodaje do pozostałości wody i rozczynu kwasu solnego, gotuje i przesącza. Po oziębieniu osadza się w przesączu dobrze skrystalizowany chlorek, z którego wydziela się amoniakiem wolną zasadę i krystalizuje następnie dwukrotnie z wyskoku. Przetwór tak uzyskany tworzy kryształki ciemno-czerwone o p. t. 146—147°, trudno rozpuszczalne w wyskoku i t. d. W kwasach rozpuszcza się; rozczyny te są żółte.

Digitized by Google

otrzymano:	wzór $C_{14}H_{15}N_3O_2$ wymaga:
N = 16·50	N = 16·34

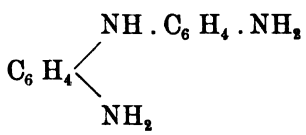
Benzal. p. amido. p. nitrodwufenylamin



tworzy się podczas ogrzewania wolnej zasady (1 drob.) z aldehydem benzoesowym (1 drob.) w rozczynie wyskokowym w łaźni wodnej. Działanie przebiega szybko — a przetwór, przekrystalizowany dwukrotnie z wyskoku, tworzy piękne igiełkowate kryształki, barwy złotawo-żółtej, o p. t. 219°, trudno rozpuszczalne w wyskoku. Związek ten odtwarza z kwasami lub zasadami — jak wszystkie anile — pierwotne połączenia, a więc aldehyd benzoesowy i wolną zasadę.

otrzymano:	wzór $C_{19}H_{15}N_3O_2$ wymaga:
N = 13·70	N = 13·25

Dwu-amido-dwufenylamin



jest ostatecznym przetworem redukcyi paraamidoparanitrodwufenylaminu. Otrzymuje się go ogrzewając wolną zasadę w kwasie solnym w obecności cyny; po oddzieleniu cyny zapomocą siarkowodoru — paruje się rozczyn przesączony do suchości. Pozostały chlorek łatwo rozpuszcza się w wodzie; z rozczynu stężonego wytrąca się amoniakiem wolną zasadę, którą krystalizuje się z wyskoku. Kryształki bezbarwne top. w 157—158° posiadają wszystkie własności znanego już dwuparamidodwufenylaminu [1]). Wytwarza również przetwór benzalowy, topniejący w 178—180°, identyczny zresztą z preparatem, otrzymanym już dawniej przez Jacobsena.

Pozostaje mi wspomnieć także o niektórych przetworach ubocznych. Jednym z nich jest paradwubromoazobenzol [2]): $Br.C_6H_4.N.N.C_6H_4Br$.

[1]) Ann. Lieb. 303, 366.

[2]) Ann. Lieb. 135, 178; 165, 199; Berichte 17, 465.

Digitized by Google

Oddzielono go od parabromonitrobenzolu przez wygotowanie z rozcieńczonym wyskokiem, w którym ten ostatni na gorąco wcale łatwo się rozpuszcza. Pozostałość nierozpuszczoną przekrystalizowano następnie z wyskoku — i otrzymano kryształki blaszkowate, bezbarwne o p. t. = 205—206°.

otrzymano: C = 42·35
H = 2·68
Br = 47·06
N = 8·24

Z tych to liczb wyprowadza się wzór dwuparabromoazobenzolu $C_{12} H_8 Br_2 N_2$ wymagający:

C = 42·35 H = 2·26 Br = 47·06 N = 8·28

Dla sprawdzenia sporządzono ten związek, już dawniej znany, przez redukcyę p. bromonitrobenzolu w rozczynie wyskokowym zapomocą pyłku cynkowego w obecności wodorotlenku potasowego. Przekrystalizowany z wyskoku przetwór topniał w 205° i był identyczny z poprzednim.

W rozczynie eterowym odsączonym od wydzielonego osadu znajduje się obok parabromonitrobenzolu związek krystaliczny barwy stalowo-zielonej, rozpuszczający się w eterze, barwą szkarłatną. Było go tak mało, że o bliższem jego zbadaniu nie mogło być mowy.

W torebce ekstraktora znajduje się po wyługowaniu eterem pozostałość barwy szarej. Jest to mieszanina bromku sodowego lub potasowego, takichże octanów i ciała czarnego łatwo rozpuszczalnego w kwasach. Rozczyny są ciemno-fioletowe, a po zobojętnieniu amoniakiem wydzielają osad czarno-fioletowy, bezpostaciowy. Przetworu tego — wytwarzającego się w znacznej ilości — bliżej nie badałem, nie udało mi się bowiem otrzymać go w stanie krystalicznym.

Działanie orto-bromonitrobenzolu na parafenylenodwuamin.

Ortobromonitrobenzol działa na parafenylenodwuamin nieco łatwiej, niż przetwór para. Przeprowadzano je zresztą zupełnie tak samo. Z rozczynu eterowego, otrzymanego przez wyługowanie surowego prze-

Digitized by Google

tworu działania w przyrządzie Soxleta, wydzieliły się parafenylenodwuamin i ortonitroparamidodwufenylamin, który pozostawał także wraz z ortobromonitrobenzolem i małemi ilościami ciała krystalicznego o stalowo-zielonej barwie w rozczynie. Dwuortobromoazobenzolu natomiast nie spostrzeżono wcale.

Czysty ortonitroparamidodwufenylamin otrzymano w podobny sposób, jak związek para za pośrednictwem chlorku, który również dobrze się krystalizuje i trudno rozpuszcza się w zimnym kwasie solnym.

Ortonitroparamidodwufenylamin

$$C_6H_4\begin{cases}NH.C_6H_4.NO_2\\NH_2\end{cases}$$

tworzy piękne, igiełkowate kryształki czarno-fioletowe, o zielonym połysku metalicznym, dość łatwo rozpuszczalne w gorącym wyskoku, topniejące w 105—106°.

otrzymano:	wzór $C_{12}H_{11}N_3O_2$ wymaga:
C = 63·33, 63·16	C = 62·87
H = 5·22, 5·12	H = 4·81
N = 18·01	N = 18·34

Ortonitro-paramidodwufenylamin jest zasadą; z kwasami wytwarza dobrze skrystalizowane sole barwy żółto-pomarańczowej. Chlorek tworzy kryształki grudkowate, jasno-pomarańczowe.

Acetylo p-amidoortonitrodwufenylamin

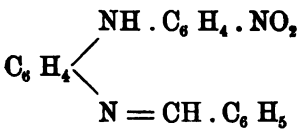
$$C_6H_4\begin{cases}NH.C_6H_4.NO_2\\NH(C_2H_3O)\end{cases}$$

tworzy się podczas lekkiego ogrzewania wolnej zasady z bezwodnikiem kwasu octowego. Po wytrąceniu wodą i przekrystalizowaniu z wyskoku przedstawia się w postaci ciemno-czerwonych, blaszkowatych kryształków topniejących w 135—136°.

otrzymano:	wzór $C_{14}H_{13}N_3O_3$ wymaga:
N = 15·44	N = 15·48

Digitized by Google

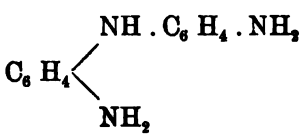
Benzal p. amido-ortonitrodwufenylamin



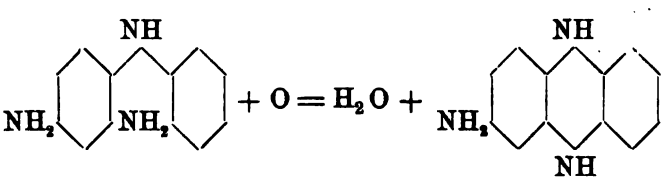
powstaje w ten sam sposób, jak odpowiedni parazwiązek. Przekrystalizowany z wyskoku, tworzy ciemno-czerwone kryształki blaszkowate, topniejące w 98—99°.

otrzymano:	wzór $C_{19} H_{15} N_3 O_2$ wymaga:
N = 13·01	N = 13·25

Orto-para-dwuamidodwufenylamin



jest ostatecznym przetworem redukcyi ortonitroparamidodwufenylaminu. Nie otrzymałem go tak samo, jak inni badacze, w stanie czystym, z powodu, iż się szybko utlenia. Natomiast mogłem z łatwością otrzymać (przez gotowanie chlorku w rozczynie wodnym z żółtym tlenkiem rtęciowym) amidofenazyn, otrzymany już dawniej przez Fischera i Nietzkiego — czem obecność ortoparadwufenylaminu najzupełniej jest udowodnioną. Utlenienie to odbywa się według równania:



Amidofenazyn topniał w 274°, posiadając wszystkie własności w literaturze zapisane [1]).

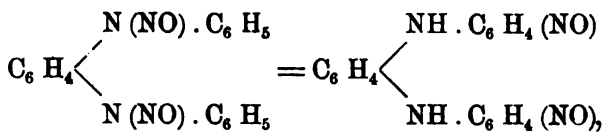
Między przetworami ubocznymi działania ortobromonitrobenzolu na parafenylenodwuamin — nierozpuszczalnymi w eterze — znajduje się w znacznej ilości ciało zasadowe, które rozpuszcza się w kwasach kolorem błękitno-fioletowym, opadając z tych rozczynów po dodaniu

[1]) Berichte 22, 357.

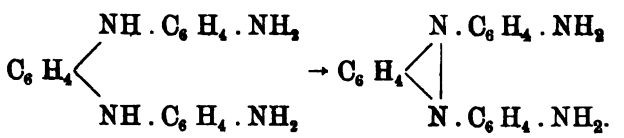
Digitized by Google

amoniaku w postaci osadu bezpostaciowego, który po wysuszeniu przedstawia się jako ciało różowo-fioletowe, o pięknym połysku metalicznym. Barwika tego dotychczas bliżej nie zbadałem, gdyż nie mogłem go otrzymać w postaci krystalicznej.

W celu otrzymania dwuamidodwufenyloparazofenylenów obmyśliłem inną drogę, korzystając z badań O. Fischera nad przemianą nitrozo-aminów pod wpływem chlorowodoru. Przemiana ta polega — jak wiadomo — na tem, że grupa nitrozowa przeskakuje z reszty aminowej na rdzeń benzolowy i to w położenie para. Stosując tę reakcyę do dwufenyloparafenylenodwuaminu należałoby się spodziewać następującego toku:



a dalej możnaby dojść przez redukcyą i następne odtlenienie do dwuparaamidodwufenyloparazofenylenu:



Odpowiedne badania nie są ukończone — ale z dotychczasowych danych wnoszę, że i ta droga nie doprowadzi do pożądanego celu.

Digitized by Google

O działaniu stężonego kwasu azotowego na bromobenzol

Przez

E. Bandrowskiego.

Wniesiono na posiedzeniu Wydz. mat.-przyr. d. 7. maja 1900.

Podczas działania stężonego kwasu azotowego o c. wł. 1·5 na bromobenzol tworzą się, według dotychczasowych badań Hübnera i Alsberga [1]), Zinckego i Walkera [2]) i t. d., para i ortobromonitrobenzol. I. H. Coste i E. I. Parry [3]) wreszcie wykazali, w osobnej, tej kwestyi poświęconej pracy, że działanie kwasu azotowego na bromobenzol przebiega przy zachowaniu pewnych warunków ilościowo, że oba bromonitrobenzole tworzą się obok siebie w pewnym stałym stosunku i że można je łatwo rozdzielić, przez rozpuszczenie surowego przetworu na gorąco w rozcieńczonym 50% wyskoku, w którym parabromonitrobenzol na zimno prawie się nie rozpuszcza, a więc z oziębionego roztworu w zupełności się wydziela, ortozwiązek natomiast pozostaje w ługach pokształtnych. Dopiero podczas powolnego w zwyczajnej temperaturze ich parowania wydziela się on w długich, igiełkowatych kryształkach, albo też po odpędzeniu pewnej części wyskoku w postaci ciężkiej, oleistej cieczy, ścinającej się z czasem w masę krystaliczną.

Powtarzając kilkakrotnie doświadczenia La Coste'a — potrzebowałem bowiem do doświadczeń, w poprzedniej rozprawie opisanych,

[1]) Ann. Liebig. 156, 136.

[2]) Berichte 5, 114.

[3]) Berichte 19, 788.

Digitized by Google

znaczniejszych ilości para i ortobromonitrobenzolu — stwierdziłem, że La Coste, jak i wszyscy poprzednicy jego w tej sprawie przeoczyli jeden szczegół, a to, że podczas działania kwasu azotowego na bromobenzol tworzy się obok para i ortonitrobrombenzolu stale także bromodwunitrobenzol (1—2—4). Wynika to z następujących doświadczeń:

Do pierwszych prób, opisanych w poprzedniej rozprawie, używałem surowego ortonitrobenzolu, t. j. owej oleistej, z czasem ścinającej się w krystaliczną masę cieczy, która opada po odparowaniu ługów pokształtnych, pozostałych po oddzieleniu parabromonitrobenzolu. Ten przetwór działa na parafenylenodwuamin w rozczynie wyskokowym bardzo energicznie już w temp. łaźni wodnej. Z rozczynu wydziela się ciało krystaliczne barwy ciemno-czerwonej, posiadające zewnętrznie wszelkie cechy czystości.

0·195 gr. dały 0·356 gr. CO_2 i 0·0720 gr. H_2O
0·1934 „ „ 45 cm.³ N przy B = 745, t. = 19·6°
0·1736 „ „ 30·8 „ „ „ B = 745, t. = 22°.

czyli otrzymano:

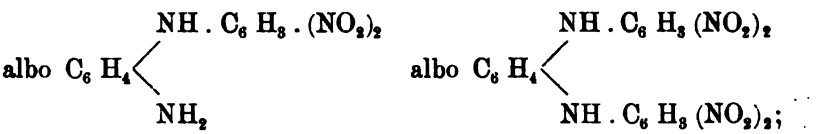
C = 49·79
H = 4·11
N = 19·60, 19·70

Z liczb tych nie można żadnego wyprowadzić wzoru. Jedno jednakże wskazywały te liczby, to, że przetwór ten nie pochodzi z ortobromonitrobenzolu, gdyż z dwóch możliwych przetworów działania tego związku na parafenylenodwuamin jeden, t. j. ortonitroparaamidwufenylamin wymaga C = 62·9, H = 5·18, N = 18·34, drugi zaś, t. j. nieznany dotąd dwuortonitrofenyloparafenylenodwuamin: C = 61·71, H = 4, N = 16%. W surowym przeto, wrzekomo ortonitrobromobenzolu musi się znajdować obok tego związku — bo to nie ulegało wątpliwości — domieszka innego ciała, łatwo działającego na parafenylenodwuamin, a dotychczas przeoczonego. Wniosek ten potwierdzał także fakt, iż czysty chemicznie ortobromonitrobenzol o p. t. 37° nie oddziaływa na parafenylenodwuamin w temp. łaźni wodnej wcale; rozczyn wyskokowy zabarwia się wprawdzie na czerwono-brunatno nieoddzielając jednakże pomimo długiego ogrzewania żadnego osadu.

Jaką mogła być owa domieszka? Przedewszystkiem bromodwunitrobenzol (1, 2, 4), który, sądząc po analogicznym chlorodwunitrobenzolu (1—2—4), powinien oddziaływać na parafenylenodwuamin

Digitized by Google

już podczas ogrzewania w rozczynie wyskokowym na łaźni wodnej; powstaje on podczas działania mieszaniny kwasu azotowego i siarkowego na bromobenzol jako jedyny przetwór, może się przeto tworzyć ubocznie obok bromonitrobenzolów przy użyciu samego kwasu azotowego. Pod wpływem bromodwunitrobenzolu mogą powstać z parafenylenodwuaminu dwa połączenia, a to:



wymagają one:

pierwszy	C = 52·55	drugi C = 49·07
	H = 3·65	H = 2·72
	N = 20·44	N = 19·09

Liczby powyżej otrzymane znajdują się między niemi — skąd wnosić wypada — że wrzekomy przetwór pochodny ortobromonitrobenzolu jest mieszaniną dwóch możliwych przetworów pochodnych bromodwunitrobenzolu.

Nietrudnem okazało się stwierdzenie tego wniosku bezpośrednio, a to przez rozdzielenie obu tych przetworów zapomocą kwasu solnego; pierwszy z nich, jak to już Nietzki i Ernst [1]) wykazał, rozpuszcza się w kwasie solnym, drugi zaś, będąc ciałem obojętnem, w kwasach rozpuszczać się nie powinien. Surowy przeto, a powyżej analizowany przetwór działania wrzekomego ortobromonitrobenzolu na parafenylenodwuamin gotowano z rozcieńczonym kwasem solnym. Część, i to mniej więcej połowę nierozpuszczalną w kwasie solnym, zebrano na sączku, po wysuszeniu przekrystalizowano z nitrobenzolu, wydzielone kryształki wymyto gorącym wyskokiem. Były to kryształki ciemnoczerwone, zupełnie jednolite, topniejące w 240°, nierozpuszczalne w wyskoku itd., trudno rozpuszczalne w gorącym nitrobenzolu.

0·2024 gr. substancyi dały 33·5 cm^3 N przy B = 745, t. = 15.

otrzymano:	wzór $C_6H_4(NH.C_6H_4(NO_2)_2)$ wymaga:
N = 18·72	N = 19·09

[1]) Berichte 23, 1852.

Digitized by Google

Z rozczynu w kwasie solnym opada po dodaniu amoniaku osad czerwony, krystaliczny, topniejący w 177°, wytwarzający z kwasami sole żółte — słowem amidodwunitrodwufenylamin $C_6H_4(NH_2).NH.C_6H_3(NO_2)_2$ otrzymany przez Nietzkiego i Ernsta, jako jedyny przetwór działania chlorodwunitrobenzolu (1—2—4) na parafenylenodwuamin.

Przekonano się wkońcu, że te same dwa związki, t. j. dwunitrodwufenyloparafenylenodwuamin i amidodwunitrodwufenylamin tworzą się obok siebie podczas ogrzewania czystego bromodwunitrobenzolu (1—2—4) w rozczynie wyskokowym z parafenylenodwuaminem w łaźni wodnej tak, że istnienie bromodwunitrobenzolu w przetworach działania kwasu azotowego na bromonitrobenzol nie ulega najmniejszej wątpliwości.

Po tem wszystkiem łatwo było oddzielić z surowego przetworu działania kwasu azotowego na bromobenzol czysty ortobromnitrobenzol, a nawet oznaczyć ilościowy stosunek składników. Pierwsze zadanie można uskutecznić albo przez destylacyę surowego przetworu w strumieniu pary wodnej — albo też — ponieważ i dwubromonitrobenzol w tych warunkach nieco się ulatnia — przez ogrzewanie surowego przetworu z nadmiarem parafenylenodwuaminu w rozczynie wyskokowym, oddzielenie utworzonego osadu i przepędzenie przesączu w strumieniu pary wodnej. W tych warunkach przechodzi chemicznie czysty ortobromnitrobenzol, ścinający się krystalicznie już w rurze chłodnicy.

Do oznaczenia ilościowego stosunku składników surowego przetworu powyższy sposób się nie nadaje, a to dlatego, że pod wpływem bromodwunitrobenzolu tworzą się z parafenylenodwuaminu dwa związki i o rozmaitym składzie. Nadaje się do tego natomiast reakcya między bromodwunitrobenzolem a benzydyną, która w rozczynie wyskokowym w łaźni wodnej przebiega ilościowo — jak to udowodnił jeszcze w r. 1876 Willgerodt[1]) tylko według równania:

$$\begin{array}{l} C_6H_4.NH_2 \\ | \\ C_6H_4.NH_2 \end{array} + Br.C_6H_3.(NO_2)_2 = NBr + \begin{array}{l} C_6H_4.NH.C_6H_3(NO_2)_2 \\ | \\ C_6H_4.NH_2 \end{array}$$

Dwunitrofenylobenzydyna prawie nie rozpuszcza się w wyskoku, łatwo przeto zebrać ją po wydzieleniu się na sączku, osuszyć i zważyć. W ten sposób przekonałem się, że ilość bromodwunitrobenzolu dochodzi do 20% w surowym ortonitrobromobenzolu.

[1]) Berichte 9, 981.

Digitized by Google

Tem przeoczeniem tłómaczy się prawdopodobnie mylne spostrzeżenie Schöpfa [1]), jakoby ortochloronitrobenzol wytwarzał z benzydyną podczas gotowania w rozczynie wyskokowym dwuortonitrofenylobenzydynę $(C_6 H_4 . NH . C_6 H_4 . NO_2)_2$. Przekonałem się, że czysty ortochloronitrobenzol w tych warunkach na benzydynę nie działa wcale, a przetwór działania otrzymany przez Schöpfa — pomimo liczb analitycznych, zgodnych z wzorem dwuortonitrofenylobenzydyny — był niczem innem, jak dwunitrofenylobenzydyną Wilgerodta, że przeto i Schöpf używał do reakcyi surowego ortochloronitrobenzolu, w którym znajdował się chlorodwunitrobenzol.

[1]) Berichte 22, 904.

Digitized by Google

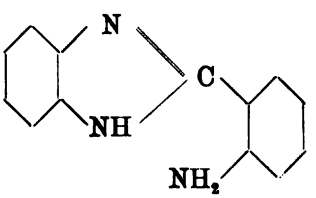
Studyum porównawcze trzech izomernych (β)-aminofenylbenzimidazoli

Napisali

Bolesław Miklaszewski i Stefan Niementowski.

Wniesiono na posiedzeniu Wydz. mat.-przyr. d. 7. maja 1900.

W dwu pracach przedłożonych Akademii Umiejętności w Krakowie w latach 1898 i 1899, wykazał jeden z nas [1]) licznemi działaniami chemicznemi, że (β)-o-aminofenylbenzimidazol



jest zupełnie podobny do o-fenylendiaminu. Było sprawą — ze względów teoretycznych wielce zajmującą — zbadać, czy dwa izomery związku powyższego. (β)- *m*- i *p*- aminofenylbenzimidazole mają własność związku z szeregu orto, czy też różnią się od niego, a więc odpowiadają m- i p- fenylendiaminowi. Zależało też na tem, ażeby zbadać sprawę doniosłą dla techniki, związku z szeregu para, poruszaną przez Lautha [2]),

[1]) Stefan Niementowski: „O azimidach benzimidazoli", Rozpr. Wydz. mat.-przyr. 35, 63 i „O nowych rodzajach anhydrozwiązków", tamże 38, 70.

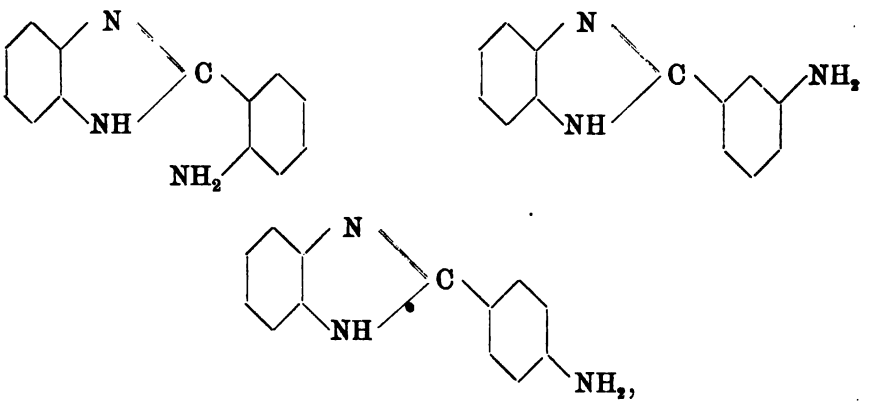
[2]) Lauth: Bull. soc. chim. [3], 17, 618. Comp. rend. 124, 1, 1105.

Digitized by Google

a w ostatnim czasie dokładniej studyowaną przez Mutteleta [1]), o ile barwiki azowe pochodne tych trzech aminów benzimidazolowych byłyby przydatne w praktyce, a szczególnie czy możnaby ich użyć do farbowania bawełny bez pomocy utrwalników.

Spostrzeżenia z dotychczasowych studyów naszych w tej dziedzinie, podajemy w niniejszej rozprawie, zastrzegając sobie prawo dalszej pracy w wytkniętym kierunku.

Materyałem pierwotnym w otrzymywaniu związków, poniżej opisanych, były trzy izomerne (β)-aminofenylbenzimidazole:



które znów wytwarzaliśmy przez redukcyę odpowiednich nitrobenzo-nitranilidów, a więc na drodze wskazanej poprzedniemi pracami jednego z nas i Lautha.

Ażeby poznać charakter chemiczny trzech powyższych ciał, zbadaliśmy dotąd następujące pochodne:

chlorowodany i azotany,
pochodne octowe i benzoylowe,
tiomoczniki,
β-naftolowe barwiki azowe,
hydracyny wraz z otrzymanymi z nich solami i hydraconami,
chinolinbenzimidazole i ich sole;

przytem wypada zauważyć, że materyały odnoszące się do (β)-o-aminofenylbenzimidazolu w największej części są już zawarte w pracy jednego z nas: „O nowych rodzajach anhydrozwiązków (l. c.), natomiast to, co się odnosiło do m- i p- aminofenylbenzimidazoli, musie-

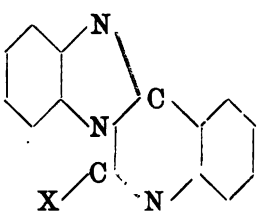
[1]) F. Muttelet: Ann. Chim. Phys. [7], 14, 391.

Digitized by Google

liśmy dopiero w całej rozciągłości obecnie gromadzić. Dla ułatwienia przeglądu poprzedzimy opis doświadczeń krótką charakterystyką grup powyższych ciał.

(β)-Aminofenylbenzimidazole są bezbarwne, krystaliczne, w wrzącej wodzie praktycznie nierozpuszczalne, w organicznych rozczynnikach łatwo rozpuszczalne; są to zasady tworzące pięknie się krystalizujące sole, chlorowodany i azotany składu $C_{13}H_{11}N_3 . 2HCl$ i $C_{13}H_{11}N_3 . HNO_3$; sole te są rozpuszczalne w wodzie i wyskoku, w zgęszczonym kwasie solnym chlorowodany trudno się rozpuszczają.

Pochodne acylowe, a mianowicie octowe, są jedynemi wytworami działania bezwodnika kwasowego na (β)- m- i p- aminofenylbenzimidazole, w czem zachodzi różnica od (β)- o- zasady, z której obok pochodnych acylowych powstają równocześnie dianhydrozwiązki, typu:



Przejawia się w tem zupełne podobieństwo naszych zasad z szeregu meta i para z meta i parafenylendwuaminami: ostatnie nie wytwarzają anhydrozwiązków, zaś grupy aminowe i iminowe naszych zasad nie mogą w szeregu meta i orto wytworzyć nowych pierścieni. Pochodne octowe i benzoylowe aminofenylbenzimidazoli są to istoty chemicznie obojętne, w wodzie praktycznie nierozpuszczalne, w organicznych rozczynnikach przeważnie bardzo trudno rozpuszczalne. Z okazyi wytwarzania związków benzoylowych zauważyliśmy, że chlorek benzoylowy wobec wodnika sodowego nie rozszczepia tu pięcioczłonowego pierścienia benzimidazolowego [1]).

Podobnie jak anilina lub inne pierwszorzędne aminy aromatyczne, dają m- i p- aminofenylbenzimidazole pod działaniem dwusiarczku węgla w alkoholowych rozczynach odpowiednie tiomocznikowe pochodne, zawierające dwie reszty zasady benzimidazolowej; inaczej, jak z dawniejszej pracy wynika, zachowuje się zasada orto. Tiomoczniki są żółto zabarwione, w alkaliach łatwo się rozpuszczają, kwasy strącają z tych rozczynów osady, które, jak się zdaje, są istotnie

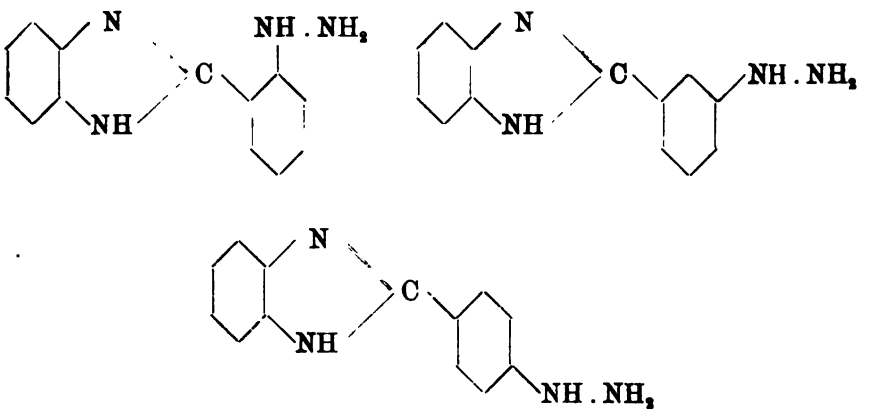
[1]) E. Bamberger i Berlé: Ann. Chem. 273, 342. Stefan Niementowski: Rospr. Wydz. mat.-przyr. 38, 76.

Digitized by Google

różne od ciał pierwotnych, a prawdopodobnie identyczne z wytworami dłuższego gotowania tiomoczników z kwasami mineralnymi. Działań tych dokładnie nie badaliśmy. Wszystkie trzy izomerne aminofenylbenzimidazole można na zwykłej drodze w mocno kwaśnym rozczynie zdiazotować. Reakcya zachodzi najlepiej w ciepłocie 0°, w temperaturze pokojowej wydzielają się już materye żywicowate.

Przez zjednoczenie chlorków diazonowych z alkalicznymi rozczynami β-naftolu otrzymuje się czerwone, w ługach rozpuszczalne barwiki azowe.

Przez redukcyę chlorków diazonowych chlorkiem cynawym i kwasem solnym powstają żółte, krystaliczne hydracyny:



W wodnikach alkalicznych są one rozpuszczalne, co się tłómaczy obecnością grup iminowych w pierścieniu imidazolowym; z rozczynu alkalicznego wydziela je bezwodnik węglowy. Rozpuszczają się w kwasach i wydzielają się napowrót przez ostrożne zobojętnienie amoniakiem lub ługiem alkalicznym. W zwykłych organicznych rozczynnikach przeważnie są trudno rozpuszczalne. Redukują amoniakalne rozczyny soli srebrowych, natomiast, co jest dość szczególne, nie zmieniają w zwykłych warunkach rozczynu Fehlinga, a tylko po dłuższem gotowaniu z tym odczynnikiem, dają małe ilości brunatnawych kłaczków, natury bliżej nie określonej. Hydracyny są dwuzasadowe, tworzą piękne, krystaliczne chlorowodany $C_{13}H_{12}N_4 . 2HCl$ i azotany $C_{13}H_{12}N_4 . 2HNO_3$, jakoteż chloroplatyniany.

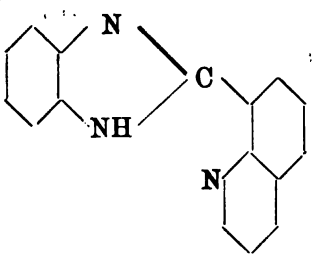
Hydracyny dają z aldehydami, ketonami i ketokwasami odpowiedne hydracony. Każdą z hydracyn kondensowano z jednym przedstawicielem każdej z trzech powyższych klas związków, z aldehydem benzoesowym, acetofenonem lub kwasem pyrogronowym; otrzymywano

Digitized by Google

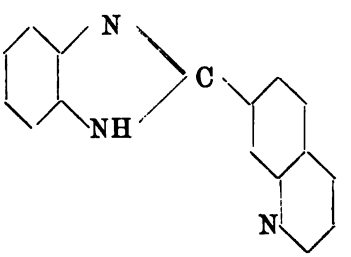
zawsze wytwory żółte, krystaliczne, w wodzie nierozpuszczalne, rozpuszczalne w wysokiu, a bardzo trudno rozpuszczalne w innych organicznych rozczynnikach. Hydracony topnieją niewyraźnie, z równoczesnym rozkładem, wytworzeniem się gazów, co znacznie utrudnia dokładne oznaczenie punktów topliwości, czyniąc je zależnem od szybkości, z jaką kąpiel się ogrzewa. Przez gotowanie z kwasami mineralnymi, niektóre hydracony rozkładają się częściowo na pierwotne składniki. Ze zgęszczonym rozczynem azotynu sodowego parę z nich daje zabarwienie różowe; lepiej udaje się ta reakcya, gdy hydracon zagotuje się najpierw w kwasie solnym lub octowym, zada azotynem a potem zalkalizuje.

Z czterech teoretycznie możliwych chinolin:

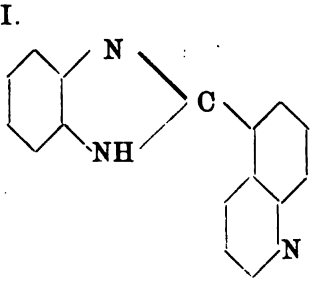
I.



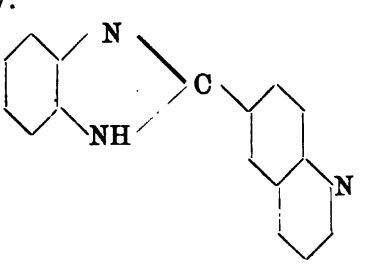
II.



III.



IV.



pochodnych trzech izomernych (β)-aminofenylbenzimidazoli, prócz pierwszej, już dawniej przez Niementowskiego opisanej, wspominamy w dalszym ciągu o dwóch nowych; jednej pochodnej (β)- p- aminofenylbenzimidazolu o strukturze wyrażonej wzorem IV, top. w 218°, a drugiej wytworzonej z (β)- m- aminofenylbenzimidazolu, top. w 135—136°. Spodziewaliśmy się, że ze związku szeregu meta powstaną w reakcyi Skraupa dwie izomerne chinoliny wzorów II i III; nie jest wykluczonem, że rzeczywiście oba związki znajdują się w surowym wytworze działania, jednak dotąd wydzieliliśmy jedną tylko istotę, pozornie jednolitą, dla której pewnego wzoru budowy na razie nie mo-

Digitized by Google

żemy podać. Oba nowe chinolinbenzimidazole są to podobnie, jak i dawniej opisany, zasady dwukwasowe: tworzą chlorowodany $C_{16}H_{11}N_3 . 2HCl$ i azotany $C_{16}H_{11}N_3 . 2HNO_3$ z dwoma drobinami kwasów jednozasadowych; w organicznych rozczynnikach rozpuszczalne, zawierają jedną drobinę wody krystalizacyjnej. którą w 105° tracą, podobnie jak zasada chinolinowa szeregu orto; wogóle mają one wiele znamiennych cech prostych zasad chinolinowych, lecz niestety dla braku czasu, nie można ich było dotąd dokładnie zbadać.

Część doświadczalna.

I. o-Nitrobenzanilidy i wytwory redukcyi.

Redukcya o-nitrobenz-o-nitranilidu.

o-Nitrobenz-o-nitranilid otrzymywaliśmy z o-nitraniliny i chlorku o-nitrobenzoylowego podług wskazówek podanych w Rozprawach Wydz. mat.-przyr. Akademii Umiejętności w tomie 38, str. 80. Natomiast redukcyę tego nitrozwiązku przeprowadzaliśmy w nieco zmienionych warunkach, a to ponieważ rozchodziło się o otrzymywanie jednego tylko wytworu, o-aminofenylbenzimidazolu.

W dwulitrowej, okrągłej kolbie ogrzewano 420 g. kupnego chlorku cynawego z 600 g. zgęszczonego surowego kwasu solnego (c. gat. 1·2) do ciepłoty wrzenia i zadawano ciecz tę małemi partyami 100 g. o-nitrobenz-o-nitranilidu. Ponieważ temperatura reagujących mas bardzo się przytem podnosi, więc palnik odstawiono na cały czas doprowadzania nitrozwiązku i dopiero potem przez pół godziny ciecz gotowano. W ciągu dwunastu godzin wydziela się w stopniowo stygnącym wytworze działania krystaliczna masa podwójnej soli cynowej o-aminofenylbenzimidazolu, która z pomocą pompki od ługu pokształtnego oddzielona i osuszona na porcelanie jest masą szarawą, nie topniejącą jeszcze w 330°. Suchą sól cynową rozpuszcza się we wrzącym wyskoku i rozkłada, wprowadzając małemi partyami stężony ług sodowy. Treść kolby rozdziela się wtedy na dwie warstwy, górną, ciemnobrunatną wyskokowego rozczynu wolnej zasady i dolną, stałego, prawie białego cynianu sodowego. Jeżeli użyto za mało ługu, to tworzą się emulsye, znacznie utrudniające wydzielenie wolnej zasady. Ażeby uniknąć strat wyskoku przez wyparowanie, należy operować pod rurą chłodnikową, a ług wprowadzać w ciecz wyskokową bocznym tubusem. Wierzchnią, wyskokową ciecz dekantuje się od warstwy

Digitized by Google

dolnej, a tę na pompce odsysa i gorącym wyskokiem wytrawia, ażeby oddzielić od cynianu resztki zasady benzimidazolowej. Z cieczy wyskokowej w miarę oziębiania się, względnie po odpowiedniem podgęszczeniu rozczynu, krystalizuje się o-aminofenylbenzimidazol, który, raz z wyskoku przekrystalizowany, topnieje w 211° C.

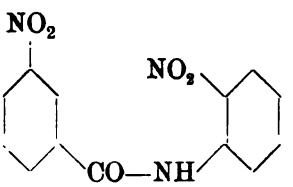
Obrazem stosunków wydajności są następujące liczby: wychodząc z 835 g. kwasu o-nitrobenzoesowego otrzymano 1302 g. o-nitrobenz-o-nitranilidu, z tego około 2 kg. soli cynowej, a z niej około 600 g. o-aminofenylbenzimidazolu topniejącego od 209—210·5° i 170 g. zasady trochę zanieczyszczonej, topniejącej od 200—202°. Wydajność dochodzi więc do 80% liczby teoretycznie wyznaczonej. Przerobienie ługu macierzystego podwójnej soli cynowej nie opłaca się.

m-Nitrobenz-o-nitranilid.

Czysty od C. A. F. Kahlbauma w Berlinie sprowadzany chlorek m-nitrobenzoylowy, rozcierano w moździerzu porcelanowym z równodrobinową masą o-nitraniliny. Nawpół ciekłą, rozgrzaną masę przenoszono do kolby i ogrzewano w kąpieli wodnej dwadzieścia cztery godzin. Twardy wytwór działania rozcieranc na miał i wymywano wrzącą wodą, a następnie wyskokiem, który usuwa małe ilości niezmienionej o-nitraniliny. Wydatek: z 250 g. chlorku m-nitrobenzoylowego otrzymano 370 g. m-nitrobenz-o-nitr-anilidu. Z wyskoku krystalizuje się ten związek w długich, wełnistych, jasno-żółtych igiełkach, topniejących w 138°.

I. 0·154 g. istoty osuszonej w eksykatorze dały 0·3054 g. bezwodnika węglowego i 0·048 g. wody.

II. 0·1784 g. tej samej istoty dały 23·1 cm.³ azotu pod ciśnieniem atmosferycznem 743·4 mm. słupa rtęci, w ciepłocie 15° C.

	Oblicza się:		Znaleziono:	
			I.	II.
na 				
C_{13}	156	54·35%	54·09%	— %
H_9	9	3·13 „	3·46 „	— „
N_3	42	14·63 „	— „	15·08 „
O_5	80	27·87 „	— „	— „
	287	99·98%		

Digitized by Google

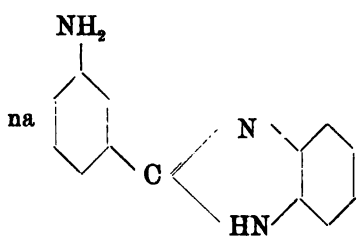
m-Nitrobenz-o-nitranilid rozpuszcza się łatwo w gorącym alkoholu, acetonie, chloroformie, benzolu, eterze octowym, trudniej w toluolu i eterze. W zgęszczonych kwasach siarkowym i azotowym rozpuszcza się, natomiast tylko bardzo trudno w kwasie solnym. W gorących ługach alkalicznych rozpuszcza się, a po oziębieniu niezmieniony wykrystalizowuje. Na słońcu jego barwa nie zmienia się.

(β)-*m-Aminofenylbenzimidazol.*

Redukcyę m-nitrobenz-o-nitranilidu na anhydrozasadę przeprowadzano w ten sposób, jak opisano przy związku szeregu orto. Wydatek wyniósł 71% ilości teoretycznie obliczonej. Nowa zasada krystalizuje się w jasno-żółtych sztabkach, skupiających się w brodawki; topnieje w 251—252°.

I. 0·213 g. istoty osuszonej w eksykatorze dały 0·581 g. bezwodnika węglowego i 0·078 wody.

II. 0·278 g. tej samej istoty dały 51·10 cm.³ azotu pod ciśnieniem barometrycznem 727·2 mm. słupa rtęci w ciepłocie 18° C.



	Oblicza się:		Znaleziono:	
na			I.	II.
C_{13}	156	74·64%	74·37%	— %
H_{11}	11	5·27 „	5·11 „	— „
N_3	42	20·09 „	— „	20·73 „
	209	100·00%		

(β)-m-Aminofenylbenzimidazol łatwo się rozpuszcza w alkoholu, acetonie i eterze octowym, a trudno rozpuszcza się w eterze zwykłym, chloroformie, benzolu i toluolu. W kwasach mineralnych rozpuszczalny, nierozpuszczalny w ługach. W wodzie bardzo trudno rozpuszczalny. Z soli (β)-m-aminofenylbenzimidazolu wytworzono, przez rozpuszczenie zasady w kwasie i pozostawienie do krystalizacyi, chlorowodan i azotan i znaleziono fakt znamienny, że w chlorowodanie występują dwie drobiny kwasu, w azotanie zaś tylko jedna, na tę samą ilość, jedną drobinę zasady.

Digitized by Google

Chlorowodan $C_{13}H_{11}N_3 . 2HCl$ tworzy grube, lśniące pryzmatyczne kryształki, które w 328° topnieją. W wodzie łatwo rozpuszczalny, znacznie trudniej w wyskoku.

0·315 g. istoty osuszonej w eksykatorze dały 0·324 g. chlorku srebrowego, co odpowiada 0·0801 g. chloru.

Oblicza się:		Znaleziono:
na $C_{13}H_{11}N_3 . 2HCl$		
Chloru	25·12%	25·43%

Azotan $C_{13}H_{11}N_3 . HNO_3$, krystalizuje się w białych igiełkach zbijających się w masy wełniste, które topnieją z równoczesnem zczernieniem i rozkładem w granicy od 265–270°. W wodzie i wyskoku trudno rozpuszczalny.

0·122 g. istoty osuszonej na powietrzu dały 21·4 cm.³ azotu pod ciśnieniem barometrycznem 731 mm. słupa rtęci, w ciepłocie 11·2°, co odpowiada 0·024503 g. azotu.

Oblicza się:		Znaleziono:
na $C_{13}H_{11}N_3 . HNO_3$		
N_4 56	20·58%	20·08%

p-Nitrobenz-o-nitranilid.

Otrzymanie tej istoty odbywa się na drodze podobnej do opisanej poprzednio o izomerach szeregu orto i meta. Wzmianka o tym związku znajduje się już w literaturze [1]), gdy jednak własności związku są tam bardzo pobieżnie opisane, podajemy nasze spostrzeżenia.

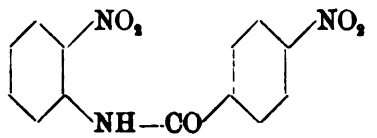
p-Nitrobenz-o-nitranilid podobny jest z wejrzenia zupełnie do m-nitrobenz-o-nitranilidu, tworzy jasno-żółte, długie igły, topniejące w 216°. W przeważnej części rozczynników organicznych rozpuszcza się bardzo trudno, i to jeszcze trudniej niż odpowiednie o- i m- związki, a mianowicie: w wyskokach etylowym i amylowym, jakoteż w xylolu bardzo trudno rozpuszczalny, prawie nierozpuszczalny w benzolu i toluolu, względnie najlepiej rozpuszczalny w lodowym occie i acetonie. W ługach alkalicznych już na zimno rozpuszczalny, bardziej rozpuszczalny w gorących, a z rozczynów na gorąco nasyconych wykrystalizowuje niezmieniony.

I. 0·2852 g. istoty osuszonej w eksykatorze dały 0·5711 g. bezwodnika węglowego i 0·0852 g. wody.

[1]) Lauth: Bult. [3], 17, 618. Comp. rend. 124, 1, 1105.

Digitized by Google

II. 0·102 g. tej samej istoty dały 12·8 cm.³ azotu pod ciśnieniem atmosferycznem 732·8 mm. słupa rtęci w ciepłocie 16·5° C.

	Oblicza się:		Znaleziono:	
na 			I.	II.
C_{13}	156	54·35%	54·61%	— %
H_9	9	3·13 „	3·32 „	— „
N_3	42	14·63 „	— „	14·35 „
O_5	80	27·87 „	— „	— „
	287	99·98%		

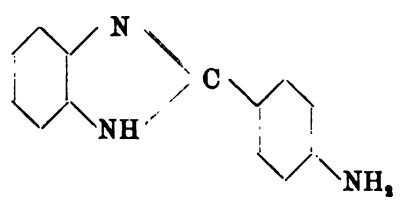
(β)-*p-Aminofenylbenzimidazol.*

Lauth także ten związek bardzo pobieżnie opisał (l. c.).

Jest to istota skrystalizowana w bezbarwne sztabki, topniejące w 240°. W wyskoku i acetonie łatwo się rozpuszcza, trudno w chloroformie, benzolu i toluolu, praktycznie nierozpuszczalna w wodzie. W rozwodnionych kwasach łatwo rozpuszczalna, trudniej rozpuszczalna w stężonym kwasie solnym. W stężonych ługach alkalicznych na zimno nierozpuszczalna, nieco rozpuszczalna na gorąco.

I. 0·176 g. istoty osuszonej na powietrzu dały 0·478 g. bezwodnika węglowego i 0·086 g. wody.

II. 0·1152 g. tej samej istoty dały 21·6 cm.³ azotu pod ciśnieniem atmosferycznem 731·4 mm. słupa rtęci, w ciepłocie 16° C.

	Oblicza się:		Znaleziono:	
na 			I.	II.
C_{13}	156	74·64%	74·09%	— %
H_{11}	11	5·27 „	5·39 „	— „
N_3	42	21·10 „	— „	21·42 „
	209	100·00%		

Digitized by Google

Z ługów pokształtnych pozostających przy redukcyi nitrozwiązku chlorkiem cynawym i kwasem solnym po podwójnej soli cynowej, wydzielono nieznaczną ilość o-fenylendiaminu topniejącego w 102°, co wskazuje na fakt zmydlenia się bardzo drobnej części p-nitrobenzo-nitranilidu w ciągu trwania redukcyi.

Chlorowodan $C_{13}H_{11}N_3 . 2HCl$ otrzymano przez rozpuszczenie wolnej zasady w rozcieńczonym, gorącym kwasie solnym i pozostawienie rozczynu na parę godzin do krystalizacyi; wydzielają się igły, które topnieją z wyszumieniem w 348°. W wodzie bardzo łatwo, znacznie trudniej rozpuszczalny w wyskoku; rozczyn wyskokowy odznacza się piękną, blado niebieską fluorescencyą.

I. 0·186 g istoty dały 24·8 cm.³ azotu pod ciśnieniem atmosferycznem 728·5 mm. słupa rtęci, w ciepłocie 15° C., co odpowiada 0·027825 g. azotu.

II. 0·188 g. istoty dały 0·192 g. chlorku srebra, co odpowiada 0·047 g. chloru.

Oblicza się:		Znaleziono:	
na $C_{13}H_{11}N_3 . 2HCl$		I.	II.
Azotu	14·89%	14·94%	— %
Chloru	25·12 „	— „	25·25 „

Azotan $C_{13}H_{11}N_3 . HNO_3$ tworzy niewyraźnie krystaliczne, brunatne masy. Sól ta ogrzana w rurce włoskowatej topnieje z równoczesnym rozkładem w dość różnych temperaturach, zależnych od szybkości ogrzewania kąpieli, a to między 215 a 230°. W wodzie łatwo się rozpuszcza, znacznie trudniej, z blado niebieskawą fluorescencyą, rozpuszcza się w alkoholu.

0·198 g. istoty dały 38·2 cm.³ azotu pod ciśnieniem atmosferycznem 730 mm. słupa rtęci, w ciepłocie 20·5° C., co odpowiada 0·041829 g. azotu.

Oblicza się:		Znaleziono:
na $C_{13}H_{11}N_3 . HNO_3$		
Azotu	20·58%	21·12%

Z rozbiorów wynika podobnie, jak w szeregu meta, że azotan (β)-p-aminofenylbenzimidazolu zawiera jedną, zaś jego chlorowodan dwie drobiny kwasu na jedną drobinę zasady.

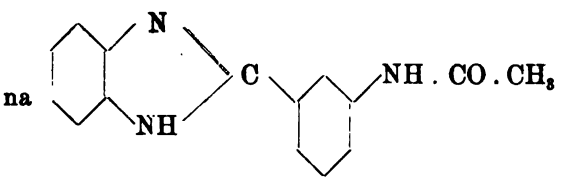
Digitized by Google

II. Kwasowe pochodne (β)-aminofenylbenzimidazoli.

(β)-*m-Acetaminofenylbenzimidazol.*

Równe części wagowe (β)-m-aminofenylbenzimidazolu i bezwodnika octowego gotowano trzy godziny pod rurą chłodnikową, wytwór wlano w wodę, przez co strącono główną część acetozwiązku, a resztę w kwaśnym filtracie rozpuszczoną, wydzielono przez zneutralizowanie cieczy amoniakiem. Osady przekrystalizowane z wyskoku, tworzą krótkie białe igły, topniejące w 288°.

0·167 g. istoty osuszonej w eksykatorze dały 0·436 g. bezwodnika węglowego i 0·083 g. wody.



	Oblicza się:		Znaleziono:
C_{15}	180	71·71%	71·26%
H_{13}	13	5·18 „	5·51 „
N_3	42	16·73 „	— „
O	16	6·38 „	— „
	251	100·00%	

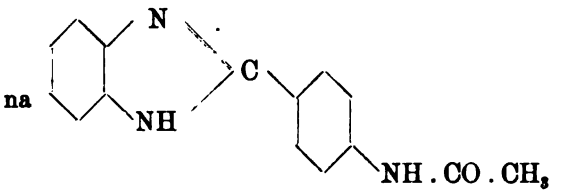
(β)-m-Acetaminofenylbenzimidazol nie rozpuszcza się w amoniaku i zimnym ługu sodowym, rozpuszcza się lecz bardzo trudno, zapewne z równoczesnem zmydleniem grupy octowej, w gorącym ługu sodowym; podobnie zachowuje on się wobec rozcieńczonych kwasów. Rozpuszcza się w gorącym wyskoku i chloroformie, kwasie i eterze octowym, trudniej w acetonie, nadzwyczaj trudno rozpuszczalny w benzolu i toluolu.

(β)-p-*Acetaminofenylbenzimidazol.*

Otrzymano go tak samo. jak poprzedni m-acetaminozwiązek, z tą tylko różnicą, że użyto podwójnej masy bezwodnika octowego. Z wyskoku krystalizuje się on w krótkich a grubych igłach, topniejących w 299°.

0·213 g. istoty dały 0·562 g. bezwodnika węglowego i 0·103 g. wody.

Digitized by Google

	Oblicza się:		Znaleziono:
na 			
C_{15}	180	71·71%	71·97%
H_{13}	13	5·18 „	5·35 „
N_3	42	16·73 „	— „
O	16	6·37 „	— „
	251	100·00%	

Stosunki rozpuszczalności tej istoty są podobne do podanych powyżej o związku szeregu meta, wogóle wydaje się p-acetaminofenylbenzimidazol w rozczynnikach organicznych, a szczególniej w wyskoku, trudniej rozpuszczalny.

(β)-m-Benzaminofenylbenzimidazol.

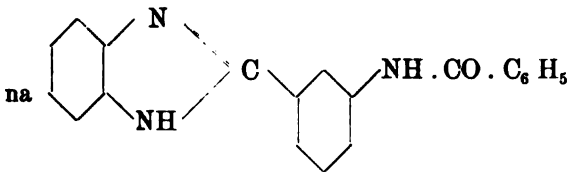
Benzoylowano podług Schottena i Baumanna: zawieszając 1 g. m-aminofenylbenzimidazolu w 20 cm.^{3} zimnej wody i zadając je kilku kroplami stężonego ługu sodowego i 1·4 g. chlorku benzoylowego. W silnie kłuconej cieczy pojawia się zabarwienie brudno-zielone i oddziela się olej tejże barwy, który powoli krzepnie i tężeje i to mianowicie w miarę jak dodawano dalsze ilości wodnika sodowego, który wiązał kwas solny, powstający w reakcyi, i usuwał nadmiar chlorku benzoylowego. Gdy już znikł zapach chlorku, ciecz wodnistą odlano, a istotę stałą wymyto wodą i z organicznych rozczynników krystalizowano; tworzą się zbite kryształki, topniejące z wyszumieniem w 139°.

I. 0·1962 g. istoty dały 0·5498 g. bezwodnika węglowego i 0·0904 g. wody.

II. 0·175 gr. tejże istoty dały 20·2 cm.^{3} azotu, pod ciśnieniem atmosferycznem 726·8 mm. słupa rtęci w ciepłocie 14·5° C.

Digitized by Google

Oblicza się: Znaleziono:

na 

			I.	II.
C_{20}	240	76·68%	76·43%	— %
H_{15}	15	4·79 „	5·12 „	— „
N_3	42	13·42 „	— „	13·19 „
O	16	5·11 „	— „	— „
	313	100·00%		

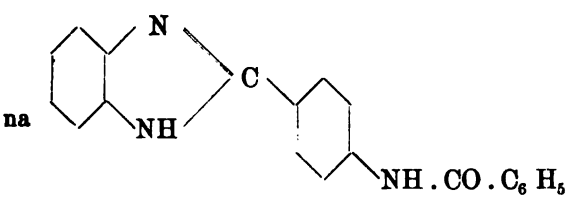
(β)-m-Benzaminofenylbenzimidazol jest praktycznie nierozpuszczalny w rozcieńczonych kwasach i w alkaliach; rozpuszcza się w alkoholu, acetonie i lodowym occie, bardzo trudno w benzolu.

(β)-*p-Benzaminofenylbenzimidazol.*

Istotę tę otrzymano w taki sam sposób, jak związek z nią izomerny szeregu meta. Z alkoholu krystalizuje się w igłach, z acetonu w rombowych blaszkach, topnieje w 333°.

0·262 g. istoty osuszonej w eksykatorze dały 0·735 g. bezwodnika węglowego i 0·116 g. wody.

Oblicza się: Znaleziono:

na 

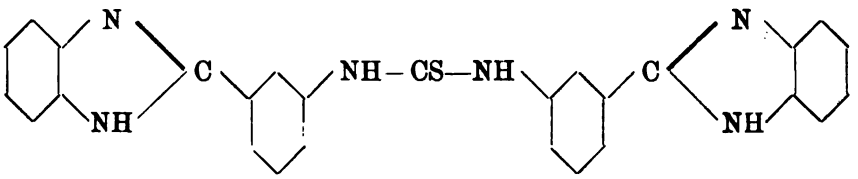
C_{20}	240	76·68%	76·53%
H_{15}	15	4·79 „	4·73 „

W rozcieńczonych kwasach jest praktycznie nierozpuszczalny, w wodniku sodowym na gorąco rozpuszcza się w śladach na rozczyn żółty. W eterze praktycznie nierozpuszczalny, zaś w innych, częściej używanych organicznych rozczynnikach jest on nieco łatwiej rozpuszczalny od (β)-p-Acetaminofenylbenzimidazolu.

Digitized by Google

III. Tiomoczniki.

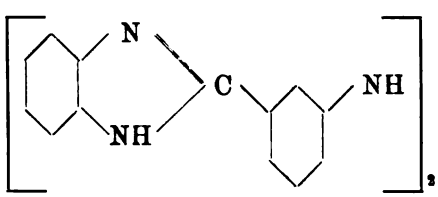
Tiomocznik (β)-m-aminofenylbenzimidazolu.



Przez kilkudniowe gotowanie pod wzniesioną chłodnicą wyskokowego rozczynu (β)-m-aminofenylbenzimidazolu z obliczoną ilością dwusiarczku węgla, aż do chwili zaprzestania uwalniania się siarkowodu, powstaje żółta, kolloidalna masa, której nie można było otrzymać w stanie krystalicznym. Wymywa się ją wyskokiem, wyskok zupełnie oddestylowuje, pozostałość osusza na kąpieli wodnej, przez co tiomocznik zbiega się w żółto przeświecające, tłustawo połyskujące, bezkształtne masy, które topnieją z równoczesnem sczernieniem w 263°.

I. 0·213 g. istoty dały 0·548 g. bezwodnika węglowego i 0·077 g. wody.

II. 0·3404 g. tejże istoty dały podług Carius'a 0·1694 g. siarkanu barowego.

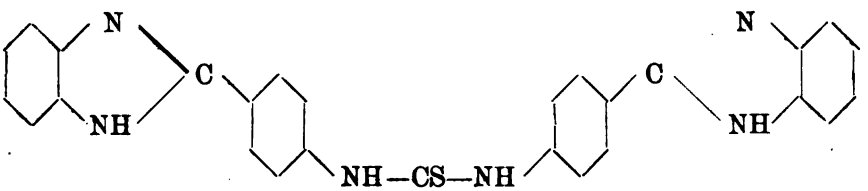
	Oblicza się:		Znaleziono:	
na  CS			I.	II.
C_{27}	324	70·44%	70·14%	— %
H_{20}	20	4·34 „	4·03 „	— „
S	32	6·96 „	— „	6·69 „
N_6	84	18·26 „	— „	— „
	460	100·00%		

Tiomocznik nie rozpuszcza się w rozwodnionych kwasach; bardzo trudno rozpuszcza się w wrzącej wodzie; rozpuszcza się w rozwodnionych ługach alkalicznych, a kwasy strącają z tych rozczynów żółte materye, zdaje się, istotnie zmienione, bo wyżej topniejące; sprawy tej jednak bliżej nie badano. Rozpuszcza się w wyskoku, acetonie

Digitized by Google

i lodowym occie, bardzo trudno rozpuszcza się w benzolu i chloroformie.

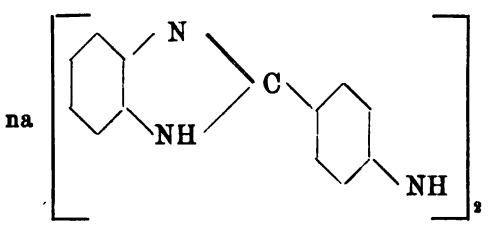
Tiomocznik (β)-p-aminofenylbenzimidazolu.



Wytworzenie tego związku przygotowano tak samo, jak poprzednio opisano o tiomoczniku szeregu meta; lecz tutaj już w pierwszej dobie ogrzewania pojawiają się w reagującej cieczy masy krystaliczne, które następnie znacznie się pomnażają. Skoro siarkowód już się nie wydzielał, odsączono i stałą materyę dwakroć z wyskoku wykrystalizowano; otrzymano pogięte sztabki, barwy żółtej, topniejące w 236° do 237° z równoczesnym rozkładem.

I. 0·184 g. istoty dały 0·475 g. bezwodnika węglowego i 0·073 g wody.

II. 0·3376 g. tejże istoty dały podług Carius'a 0·1662 g. siarkanu barowego.



	Oblicza się:		Znaleziono:	
			I.	II.
C_{27}	324	70·44%	70·38%	— %
H_{20}	20	4·34 „	4·40 „	— „
S	32	6·96 „	— „	6·77 „
N_6	84	18·26 „	— „	— „
	460	100·00%		

Stosunki rozpuszczalności tego związku w kwasach, alkaliach i w wodzie są takie same, jak podane dla meta tiomocznika; w organicznych rozczynnikach jest on od tamtego wogóle nieco łatwiej rozpuszczalny.

Digitized by Google

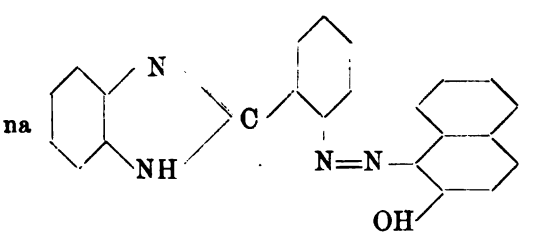
IV. Barwiki azowe.

β-*Naftol-*(β)-*o-azofenylbenzimidazol.*

Ponieważ chlorowodan diazonowy (β)-o-aminofenylbenzimidazolu jest we wodzie łatwo rozpuszczalny, przeto diazowano wolną zasadę w rozczynie wodnym, pomimo że chlorowodan zasady jest w wodzie trudno rozpuszczalny. Ażeby ułatwić działanie kwasu azotowego pracowano w znacznem rozcieńczeniu, a zasady doskonale proszkowano.

Zawiesinę z 2·27 g. (β)-o-aminofenylbenzimidazolu w 200 g. wody i 20 g. zgęszczonego kwasu solnego, c. g. 1·2 zadawano w ciepłocie 0 do 5° 0·72 g. azotynu sodowego, użytego w formie 10% rozczynu. Rozczyn zrazu mętny wyjaśnia się pod koniec działania; wówczas wlewa się go w rozczyn 1·5 g. β-naftolu w 100 g. wody i 25 g. wodnika sodowego (1 : 2). W ciągu dnia wydzielony jasno-czerwony osad barwika zbiera się na filtrze, myje gorącą wodą, osusza i krystalizuje z lodowego octu; wydziela się w długich, wełnistych igłach, ceglasto-czerwonej barwy, topniejących w 272°. Tworzenie się tego barwika azowego jest powolniejsze, a wydajność niższa aniżeli w barwikach pochodnych meta- i para-zasady.

0·1176 g. barwika osuszonego w eksykatorze dały 0·3281 g. bezwodnika węglowego i 0·0446 g. wody.



	Oblicza się:		Znaleziono:
C_{28}	276	75·83%	76·05 %
H_{16}	16	4·39 „	4·21 „
O	16	4·49 „	— „
N_4	56	15·39 „	— „
	364	100·00%	

(β)-Naftol-(β)-o-azofenylbenzimidazol rozpuszcza się w organicznych rozczynnikach, praktycznie nierozpuszcza się w wodzie. Rozczyn w zgęszczonym kwasie siarkowym jest wiśniowo-czerwony, absorbuje zieloną część widma, gdzie, jak się zdaje, ma dwa maxima absorbcyi,

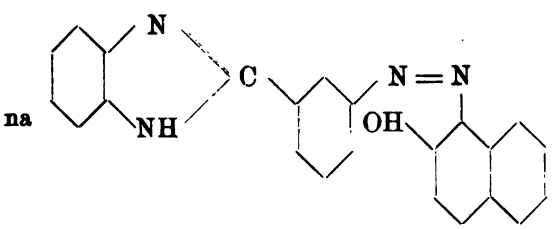
Digitized by Google

jedno tuż obok linii *D*, a drugie przy *bE*, wyjaśnia się ku *F*. W ługu sodowym rozpuszcza się z barwą pomarańczowo-czerwoną, a ciecz taka pochłania niebieskie promienie widma słonecznego.

β-Naftol-(β)-m-azofenylbenzimidazol.

Sposób otrzymania, jak barwika szeregu orto. Zabarwienie tego związku jest jaśniejsze niż poprzedniego, odcień szkarłatno-czerwony. Z lodowego octu wydziela się wodą, jako koloidalne, trudno się sączące masy; strącony w tych samych warunkach, lecz z cieczy wrzących, zbija się, a po osuszeniu silnie połyskuje. Niewyraźnie krystaliczny, mięknie w 154, topnieje w 156—157°.

0·1185 g. istoty osuszonej w eksykatorze dały 16·2 cm.³ azotu pod ciśnieniem barometrycznem 727·3 mm. słupa rtęci w ciepłocie 13·5°.



	Oblicza się:		Znaleziono:
C_{23}	276	75·83%	— %
H_{16}	16	4·39 „	— „
O	16	4·39 „	— „
N_4	56	15·39 „	15·66 „
	364	100·00%	

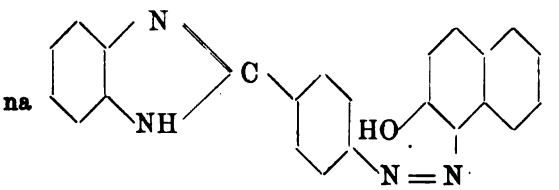
Barwik nie rozpuszcza się w wodzie; w alkoholu etylowym i amylowym, w acetonie i chloroformie jest bardzo trudno rozpuszczalny; prawie nierozpuszczalny w benzolu, toluolu i xylolu; trudno rozpuszczalny w lodowym occie. W rozwodnionych kwasach praktycznie nierozpuszczalny; w ługach rozpuszcza się z barwą czerwoną, kwasy wytrącają go z tych rozczynów. Rozczyn alkaliczny okazuje w aparacie widmowym jednostronną absorbcyę części zielonej, niebieskiej i fioletowej widma. Rozczyn w zgęszczonym kwasie siarkowym jest wiśniowo-czerwony, a odznacza się jedną smugą absorbcyjną, która od *D* do *b* jest jednostajnie ciemną, a spływa ku *F*. Rozczyn w alkoholu jest brunatno-żółty, absorbuje podobnie jak rozczyn siarkowy lecz od *b* do *F*, a więc smuga absorbcyjna jest przesunięta ku części fioletowej widma.

Digitized by Google

β-Naftol-(β)-p-azofenylbenzimidazol.

Otrzymano go jak barwiki poprzednie. Z alkoholu lub lodowego octu krystalizuje się w czerwonych igłach, topniejących w 297—298°.

0·1762 g. istoty osuszonej w eksykatorze dały 0·4889 g. bezwodnika węglowego i 0·0668 g. wody.



	Oblicza się:		Znaleziono:
C_{28}	276	75·83%	75·62%
H_{16}	16	4·39 „	4·29 „
O	16	4·39 „	— „
N_4	56	15·39 „	— „
	364	100·00%	

Barwik nie rozpuszcza się w wodzie i amoniaku. Bardzo trudno rozpuszcza się w alkoholu, benzolu, toluolu i xylolu, trudno w lodowym occie. W zgęszczonym kwasie siarkowym rozpuszcza się z barwą wiśniową o odcieniu fioletowym; rozczyn w aparacie widmowym okazuje smugę absorbcyjną w żółtej i zielonej części widma, maximum zaciemnienia leży na *D*, drugie słabsze zdaje się istnieć między *D* a *b*. W wodniku sodowym rozpuszcza się z barwą podobną jak w kwasie siarkowym; absorbuje część zieloną i niebieską widma, nie ma charakterystycznych smug.

V. Hydracyny (β)-fenylbenzimidazoli.

(β)-o-Hydracynfenylbenzimidazol.

Do otrzymania tej nowej zasady potrzebny chlorek diazonowy przygotowano z 9·04 g. (β)-o-aminofenylbenzimidazolu zawieszonego w 100 g. kwasu solnego (c. gat. 1·2), a oziębionego mięszaniną soli i lodu, przez zadawanie rozczynem 2·88 g. azotynu sodowego w 20 g. wody i ciągłe mięszanie, aż do chwili, gdy w próbce wodą rozcieńczonej na papierze nasyconym jodkiem potasowym i klajstrem skrobiowym, wystąpi zabarwienie niebieskie. Do tej diazonowej cieczy

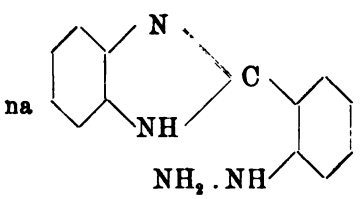
Digitized by Google

dodaje się, w trakcie ciągłego mieszania, lodem oziębiony rozczyn 50 g. chlorku cynawego w 60 cm.³ zgęszczonego kwasu solnego i przez godzinę pozostawia w spokoju. Wydzieloną podwójną sól cynową (β)-o-hydracynfenylbenzimidazolu oddziela się od ługów przez odssanie, rozkłada nadmiarem ługu sodowego, a wolną zasadę wyskokiem wyciąga się. Po poddestylowaniu wyskoku krystalizuje się zasada w blaszkach, a oczyszcza się ją przez ponowne dalsze krystalizowanie.

Jeżeli w ciągu reakcyj diazowania i redukcyi nie chłodzono należycie mięszaniną oziębiającą, to powstają materye żywicowate, które hydracynę bardzo zanieczyszczają; w odpowiednich warunkach z 9·04 g. o-aminofenylbenzimidazolu otrzymuje się 6—7 g. hydracyny.

I. 0·210 g. istoty osuszonej w eksykatorze dały 0·541 g. bezwodnika węglowego i 0·104 g. wody.

II. 0·175 g. istoty dały 37·2 cm.³ azotu pod ciśnieniem barometrycznem 738 mm. słupa rtęci w ciepłocie 13° C.

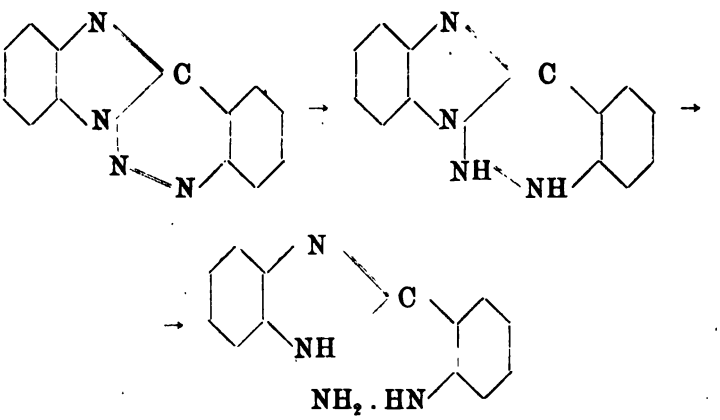


	Oblicza się: na		Znaleziono: I.	II.
C_{13}	156	69·64%	69·86%	— %
H_{12}	12	5·36 „	5·48 „	— „
N_4	56	25·00 „	— „	24·90 „
	224	100·00%		

(β)-o-Hydracynfenylbenzimidazol krystalizuje się w rombowych tabliczkach, topniejących z wysuszeniem w 182°. W alkoholu, chloroformie i acetonie jest on łatwo rozpuszczalny, trudniej w benzolu, bardzo trudno w eterze, zaledwie w śladach w wodzie gorącej. Nie rozpuszcza się w amoniaku, rozpuszcza się w kwasach, a z rozczynu takiego ostrożnym dodatkiem ługu można go wydzielić w nadzwyczaj cienkich, białych igłach, rozpuszczalnych w nadmiarze odczynnika; z alkalicznego rozczynu wydziela bezwodnik węglowy wolny hydracynfenylbenzimidazol.

Ten sam (β)-o-hydracynfenylbenzimidazol powinien powstać jako wytwór energicznego redukowania azimidu (β)-o-aminofenylbenzimidazolu, lecz na drodze produktu pośredniego, zawierającego w drobinie o dwa atomy wodu mniej:

Digitized by Google



Z czasem będą jeszcze podjęte doświadczenia celem sprawdzenia tych przewidywań.

(β)-o-Hydracynfenylbenzimidazol jest zasadą dwukwasową; przez rozpuszczenie w odpowiednich kwasach i pozostawienie rozczynów otrzymano krystalizacye dwu soli: chlorowodanu i azotanu.

Chlorowodan $C_{13}H_{12}N_4 . 2HCl$ krystalizuje się w pięknie połyskujących żółtych igłach, topniejących w 248°. Łatwo rozpuszczalny w wodzie i w wyskoku.

0·333 g. istoty osuszonej w eksykatorze dały 0·324 g. chlorku srebrowego, co odpowiada 0·0801 g. chloru.

Oblicza się:	Znaleziono:
na $C_{13}H_{12}N_4 . 2HCl$	
Chloru Cl_2 23·89%	24·09%

Azotan $C_{13}H_{12}N_4 . 2HNO_3$. Krystalizuje się w wielkich brunatnych pryzmach często bliźniaczo się zrastających. Topnieje w 136° z gwałtownym rozkładem. W wodzie i w wyskoku łatwo rozpuszczalny.

0·117 g. istoty osuszonej w eksykatorze dały 24 cm^3 azotu pod ciśnieniem barometrycznem 734 mm. słupa rtęci w ciepłocie 14° C.

Oblicza się:	Znaleziono:
na $C_{13}H_{12}N_4 . 2HNO_3$	
Azotu N_6 24·00%	23·67%

(β)-m-Hydracynfenylbenzimidazol.

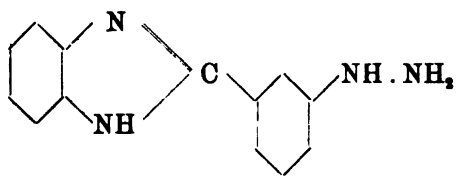
Związek ten otrzymano tak samo, jak hydracynę szeregu orto. Krystalizuje się w blaszkach, które przez dłuższe stanie na powietrzu

Digitized by Google

brunatnieją. Punkt topienia się niedość wyraźny, około 245° tworzy ciecz mętną, która wyjaśnia się i spływa około 258°.

I. 0·177 g. istoty osuszonej na powietrzu dały 0·451 g. bezwodnika węglowego i 0·083 g. wody.

II. 0·137 g. tejże istoty dały 29·2 cm.³ azotu pod ciśnieniem barometrycznem 745 mm. słupa rtęci, w temperaturze 18° C.

	Oblicza się: na 		Znaleziono: I.	II.
C_{13}	156	69·64%	69·49%	— %
H_{12}	12	5·36 „	5·21 „	— „
N_4	56	25·00 „	— „	24·63 „
	224	100·00%		

(β)-m-Hydracynfenylbenzimidazol rozpuszcza się dość trudno w wyskoku i eterze octowym, a wydziela się z tych rozczynów dopiero po wyparowaniu znaczniejszej części rozczynnika w żółtych, kulkowatych agregatach. W benzolu, acetonie, chloroformie jakoteż we wrzącej wodzie jest nadzwyczaj trudno rozpuszczalny. W amoniaku nierozpuszczalny, rozpuszczalny w stężonych ługach alkalicznych.

Chlorowodan $C_{13}H_{12}N_4 . 2HCl$. Piękne kryształki, z czasem brunatnieją na powietrzu. Topnieje w 256—257°. W gorącej wodzie łatwo, w wyskoku znacznie trudniej rozpuszczalny.

0·225 g. istoty dały 0·214 g. chlorku srebrowego, co odpowiada 0·053 g. chloru.

Oblicza się: na $C_{13}H_{12}N_4 . 2HCl$		Znaleziono:
Chloru Cl_2	23·89%	23·52%

Azotan $C_{13}H_{12}N_4 . 2HNO_3$. Wielkie, słomkowej barwy kryształki, topniejące w 145°, z gwałtownym rozkładem. Rozpuszcza się w wyskoku i wodzie.

0·1225 g. soli dały 26 cm.³ azotu pod ciśnieniem atmosferycznem 732 mm. słupa rtęci w ciepłocie 12·5° C.

Digitized by Google

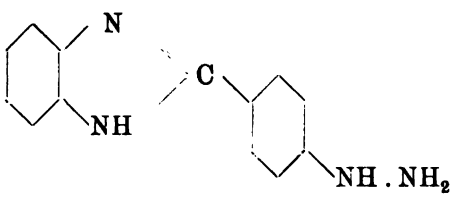
Oblicza się:		Znaleziono:
na $C_{13}H_{12}N_4 . 2HNO_3$		
Azotu N_6	24·00%	24·29%

(β)-*p-Hydracynfenylbenzimidazol.*

Otrzymany podług metody opisanej przy jego izomerze z szeregu orto. Po dwukrotnem przekrystalizowaniu topnieje z rozkładem w 305°, lecz już poprzód znacznie się spieka.

I. 0·2345 g. istoty dały 0·6012 g. bezwodnika węglowego i 0·1176 g. wody.

II. 0·211 g. istoty dały 44·8 g. azotu pod ciśnieniem atmosferycznem 742 mm. słupa rtęci a w ciepłocie 16° C.

Oblicza się:			Znaleziono:	
na 			I.	II.
C_{13}	156	69 64%	69·92%	— %
H_{12}	12	5·36 „	5·57 „	— „
N_4	56	25·00 „	— „	24 60 „
	224	100·00%		

W alkoholu i eterze octowym dość trudno rozpuszczalny, krystalizuje się z nich dopiero po wyparowaniu głównej masy rozczynnika w żółtych brodawkach. W benzolu, acetonie, chloroformie i w wrzącej wodzie nadzwyczaj trudno rozpuszczalny; trudno też rozpuszcza się w kwasach.

Chlorowodan $C_{13}H_{12}N_4 . 2HCl$ krystalizuje się w połyskujących żółtych igłach, tworzących często skupienia brodawkowate. Topnieje w 190—191°. W wodzie i wyskoku rozpuszcza się bardzo łatwo.

0·204 g. istoty osuszonej w eksykatorze dały 0·198 g. chlorku srebrowego, co odpowiada 0·049 g. chloru.

Oblicza się:		Znaleziono:
na $C_{13}H_{12}N_4 . 2HCl$		
Chloru	23·89%	23·63%

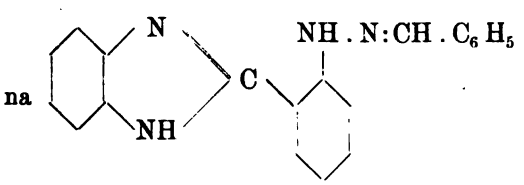
Digitized by Google

VI. Hydracony.

(β)-*o-Benzaldehydhydraconfenylbenzimidazol.*

Przez trzy do czterogodzinne gotowanie 1·12 g. (β)-o-hydracynfenylbenzimidazolu z 1 g. benzaldehydu i 5 g. wyskoku otrzymuje się żółty, krystaliczny osad hydraconu, który na filtrze przemyto zimnym, rozcieńczonym wyskokiem, na porcelanie porowatej osuszono, aż do zniknięcia zapachu aldehydu i wreszcie z wyskoku po dwakroć krystalizowano. Niewyraźnie krystaliczny, żółty; topnieje z równoczesnym rozkładem w 180°.

0·173 g. istoty osuszonej w eksykatorze dały 0·485 g. bezwodnika węglowego i 0·076 g. wody.



	Oblicza się:		Znaleziono:
C_{20}	240	76·92%	76·47%
H_{16}	16	5·13 „	4·86 „
N_4	56	17·95 „	— „
	312	100·00%	

W rozczynnikach organicznych istota ta jest wogóle bardzo trudno rozpuszczalna, miernie rozpuszczalna w wyskoku. Praktycznie nierozpuszczalna w zgęszczonym kwasie solnym, w rozwodnionych kwasach, w zgęszczonych alkaliach i w wodzie; rozpuszczalna w zgęszczonym gorącym kwasie azotowym i siarkowym. W przeciwieństwie do obydwu dalej opisanych izomerów, związków szeregu meta i para, nie daje reakcyi barwnej z azotynem sodowym.

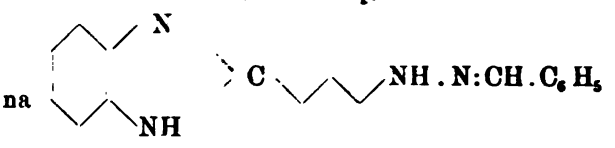
(β)-*m-Benzaldehydhydraconfenylbenzimidazol.*

Wytworzono go podobnie jak związek szeregu orto. Żółte kryształki; mięknie około 170°, około 200° wyszumowuje, a między 250° a 270° spływa klarownie po ścianach rurki kapilarnej.

0·243 g. istoty dały 0·683 g. bezwodnika węglowego i 0·122 g. wody.

Digitized by Google

Oblicza się: Znaleziono:



C_{20}	240	76·92%	76·47%
H_{16}	16	5·13 „	4·86 „
N_4	56	17·95 „	— „
	312	100·00%	

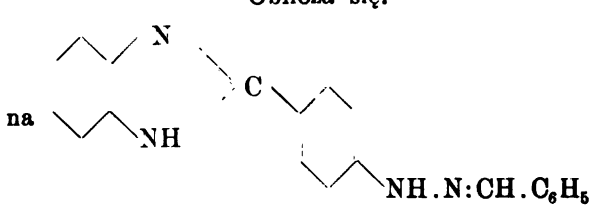
W organicznych rozczynnikach przeważnie bardzo trudno rozpuszczalny, w wyskoku i lodowym occie rozpuszcza się łatwiej, z ostatniego rozczynnika krystalizuje się w pięknych, kulkowatych skupieniach krystalicznych. Rozpuszcza się w zgęszczonym kwasie octowym i siarkowym, nie rozpuszcza się w kwasie solnym i w ługach alkalicznych. Kilka minut gotowany ze zgęszczonym rozczynem azotynu sodowego ściąga się w brunatnawe smółki, które w wyskoku rozpuszczają się z blado-krwisto-czerwoną barwą. Zdaje się, że nawet przez dłuższe gotowanie ze zgęszczonym kwasem solnym nie rozkłada się. Jeżeli się zagotuje rozczyn hydraconu w lodowym occie z azotynem sodowym, zalkalizuje i znów ogrzeje, to powstaje zabarwienie i osad brudno-czerwony.

(β)-*p-Benzaldehydhydraconfenylbenzimidazol.*

Otrzymano go tak samo, jak poprzednie dwa izomery. Żółty, niewyraźnie krystaliczny, w 100—106° zupełnie mięknie, w 120° rozkład połączony z wydzieleniem gazów.

0·145 g. istoty dały 0·407 g. bezwodnika węglowego i 0·071 g wody.

Oblicza się: Znaleziono:



C_{20}	240	76·92%	76·55%
H_{16}	16	5·13 „	5·45 „
N_4	56	17·95 „	— „
	312	100·00%	

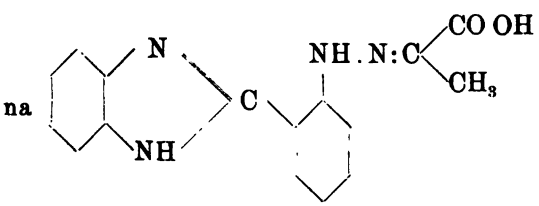
Digitized by Google

W eterze bardzo trudno rozpuszczalny, rozpuszczalny dość łatwo w gorącym lodowym occie, wyskoku, eterze octowym, acetonie, benzolu i toluolu. Rozpuszczalny w zgęszczonym kwasie azotowym i siarkowym z barwą żółtą, rozpuszcza się też w rozcieńczonych kwasach azotowym i siarkowym, trudniej w rozwodnionym solnym. Rozpuszczalny w gorących ługach alkalicznych, bardzo trudno w amoniaku. Zagotowany ze zgęszczonym rozczynem azotynu sodowego daje ciemną smołę, rozpuszczalną w wyskoku z barwą winno-czerwoną; barwa ta przemija do kilku godzin, a nawet wcześniej.

(β)-o-Pyrogronohydraconfenylbenzimidazol.

Przez czterogodzinne gotowanie o-hydracynfenylbenzimidazolu (2·24 g.) w wyskokowym rozczynie z kwasem pyrogronowym (1 g.) otrzymano osad żółty, który najpierw uwolniono od wyskoku przez wyparowanie, potem wodą przemyto, osuszono i z gorącego wyskoku przekrystalizowano. Utwory nerkowate, które od 120° zaczynają się rozkładać; w 180° rozkład jest skończony.

0·1743 g. istoty osuszonej na powietrzu dały 0·4209 g. bezwodnika węglowego i 0·081 g. wody.



	Oblicza się:		Znaleziono:
C_{16}	192	65·31%	65·85%
H_{14}	14	4·76 „	5·16 „
N_4	56	19·05 „	— „
O_2	32	10·88 „	— „
	294	100·00%	

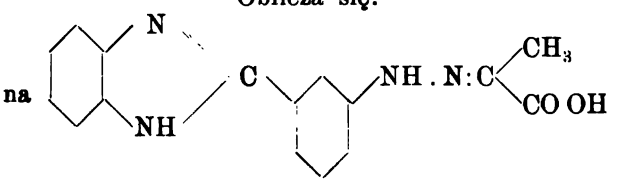
W lodowym occie i wyskoku łatwo się rozpuszcza, w innych rozczynnikach organicznych trudno rozpuszczalny. Rozpuszczalny w zgęszczonych kwasach: siarkowym, azotowym, solnym; dodatek paru kropel rozcieńczonego azotynu sodowego do rozczynu hydraconu w zgęszczonym kwasie solnym wywołuje blado-różowe zabarwienie, które po zalkalizowaniu przechodzi w odcień ciemniejszy; równocześnie wydziela się z cieczy zasadowej brunatny osad kłaczkowaty. Rozpuszcza się w gorącym ługu sodowym.

Digitized by Google

(β)-m-Pyrogronohydraconfenylbenzimidazol.

Otrzymano go sposobem podanym o hydraconie szeregu orto. Z wyskoku krystalizuje on się w grubych igłach, skupiających się w żółte nerki, które miękną w 184°, a topnieją z wyszumieniem w 195°.

0·199 g. istoty dały 0·479 g. bezwodnika węglowego i 0·091 g. wody.



	Oblicza się:		Znaleziono:
C_{16}	192	65·31%	65·63%
H_{14}	14	4.76 „	5·08 „
N_4	56	19·05 „	— „
O_2	32	10·88 „	— „
	294	100·00%	

Hydracon ten jest rozpuszczalny w alkoholu i lodowym occie, trudniej rozpuszczalny w eterze zwykłym i octowym, w toluolu, benzolu, acetonie i chloroformie. Rozpuszczalny w zgęszczonych kwasach: siarkowym i azotowym z barwą żółto-brunatną, bardzo trudno rozpuszczalny w zgęszczonym kwasie solnym, nierozpuszczalny w rozwodnionym kwasie solnym, natomiast rozpuszczalny w rozwodnionym kwasie azotowym i siarkowym. Jeżeli rozczyn hydraconu w zgęszczonym kwasie solnym po kilkominutowem gotowaniu ochłodzi się, zada azotynem sodowym i znów ogrzeje, a potem zalkalizuje wodnikiem octowym, to wystąpi karmazynowe zabarwienie, a po pewnym czasie powstanie strąt czerwony. Rozpuszczalny w ługach alkalicznych i amoniaku.

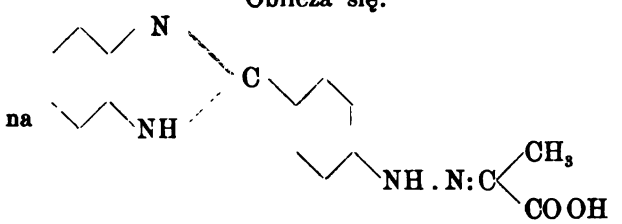
(β)-p-Pyrogronohydraconfenylbenzimidazol.

Otrzymano go, jak poprzednie obydwa izomery. Krystalizuje się w żółtych nerkach, złożonych z igiełek, mięknących około 193°, a topniejących z rozkładem około 220°.

0·186 g. istoty dały 0·444 g. bezwodnika węglowego i 0·077 g. wody.

Digitized by Google

Oblicza się: Znaleziono:



C_{16}	192	65·31%	65·40%
H_{14}	14	4·76 „	4·63 „
N_4	56	19·05 „	— „
O_2	32	10·88 „	— „
	294	100·00%	

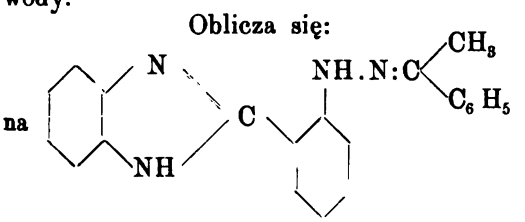
Prawie we wszystkich organicznych rozczynnikach hydracon ten trudno się rozpuszcza. tylko w lodowym occie łatwo rozpuszczalny. W rozwodnionych i zgęszczonych kwasach mineralnych łatwo rozpuszczalny z barwą jasno-żółtą. Rozpuszczalny w amoniaku i ługach alkalicznych. Brudno czerwonawe zabarwienie powstaje, gdy zawiesinę hydraconu w zgęszczonym kwasie solnym, na zimno zadaną azotynem sodowym parę minut gotuje się, alkalizuje wodnikiem sodowym i znów gotuje; reakcya co do wyrazistości nie wytrzymuje porównania z reakcyą bezpośrednio przedtem opisanego m-hydraconu.

(β)-*o-Acetofenonhydraconfenylbenzimidazol.*

Hydracon ten, podobnie i oba niżej opisane jego izomery, otrzymano przez kilkogodzinne gotowanie odpowiedniej hydracyny (1·12 g.) rozpuszczonej w wyskoku (5 g.) z acetofenonem (1·5 g.). Wytwór surowy oczyszczano przez odsączenie, przemycie osadu rozwodnionym wyskokiem i krystalizowanie z wyskoku. (β)-o-Acetofenonhydraconfenylbenzimidazol tworzy piękne, jasno-żółte słupki, które w 102° miękną a w 135° topnieją.

0·135 g. istoty dały 0·381 g. bezwodnika węglowego i 0·069 g. wody.

Oblicza się: Znaleziono:



C_{21}	252	77·30%	76·81%
H_{18}	18	5·52 „	5·70 „
N_4	56	17·18 „	— „
	326	100·00%	

Digitized by Google

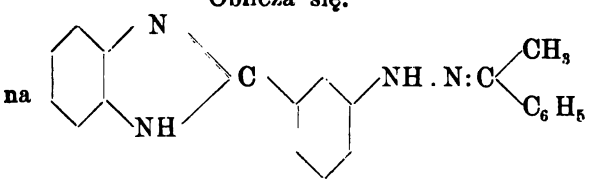
W organicznych rozczynnikach trudno rozpuszczalny; rozpuszczalny w zgęszczonych kwasach, z zabarwieniem żółtem. Znosi bez zmiany nawet dłuższe gotowanie z zgęszczonym kwasem solnym, krystalizując się z rozczynów tych przy oziębieniu w cienkich igiełkach; wskutek tego reakcyi z azotynem i wodnikiem nie daje (zaledwie blado-cieliste zabarwienie). W rozwodnionych kwasach i w ługach alkalicznych bardzo trudno rozpuszczalny. w amoniaku praktycznie nierozpuszczalny.

(β)-m-Acetofenonhydraconfenylbenzimidazol.

Niewyraźnie krystaliczne, jasno-żółte masy, które około 180° wyszumowują, a około 250° klarownie ze ścian rurki spływają.

0·183 g. istoty dały 0·520 g. bezwodnika węglowego i 0·086 g. wody.

Oblicza się: Znaleziono:



C_{21}	252	77·30%	77·49%
H_{18}	18	5·52 „	5·25 „
N_4	56	17·18 „	— „
	326	100·00%	

W wyskoku i lodowym occie jest rozpuszczalny, w innych organicznych rozczynnikach bardzo trudno rozpuszczalny. W zgęszczonym kwasie solnym azotowym i siarkowym jest rozpuszczalny. W zgęszczonych ługach alkalicznych i amoniaku nie rozpuszcza się. Gotowany ze zgęszczonym rozczynem azotynu sodowego spływa w żółto-brunatną masę, która w wyskoku rozpuszcza się z barwą żółto-różowawą. Reakcya z azotynem w cieczy chlorowodowej, poprzód silnie gotowanej, występuje po dodaniu wodnika sodowego bardzo słabo, podobnie jak i przy hydraconie izomernym z szeregu orto.

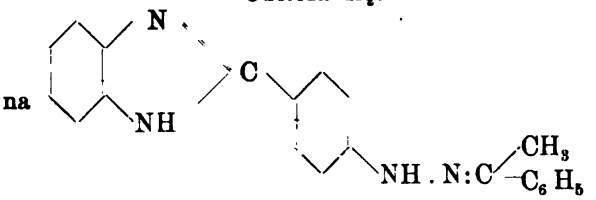
(β)-p-Acetofenonhydraconfenylbenzimidazol.

Krystalizuje się w żółtych nerkach, które około 148° wyszumowują, a ze ścian klarownie spływają około 260°.

0·118 g. istoty dały 0·333 g. bezwodnika węglowego i 0·062 g. wody.

Digitized by Google

Oblicza się: Znaleziono:

na 

C_{21}	252	77·30%	76·95%
H_{18}	18	5·52 „	5·85 „
N_4	56	17·18 „	— „
	326	100·00%	

W wyskoku i lodowym occie łatwo rozpuszczalny, w innych organicznych rozczynnikach: jak benzolu, toluolu, chloroformie i t. d. trudniej rozpuszczalny. Rozpuszcza się w rozwodnionych kwasach; rozczyny w zgęszczonych kwasach: solnym i azotowym są żółte, w zgęszczonym kwasie siarkowym brunatnawe. W ługach alkalicznych na gorąco rozpuszczalny, znacznie trudniej w amoniaku. Hydracon gotowany z kwasem solnym, zadany azotynem sodowym, a potem zalkalizowany daje rozczyn żółty; jeżeli natomiast pierwotnie rozpuszczono go w lodowym occie. traktowano azotynem i zalkalizowano, to po zagotowaniu wystąpi intenzywne, wiśniowo-czerwone zabarwienie rozczynu.

VII. Chinolinowe pochodne benzimidazolu.

(3)-*o*-*Chinolinbenzimidazol.*

Otrzymywano zasadę podług przepisów dawniej podanych [1]).

Ażeby metodę uprościć, przeprowadzono bardzo liczne doświadczenia, niestety bez pomyślnego wyniku; mozolne wykłucania wielkich mas alkalicznej cieczy nie dały się zastąpić innemi postępowaniami. Zaniechać można odpędzania nitrobenzolu w strumieniu pary wodnej; z trzydziestu doświadczeń, tylko w ośmiu odzyskano małą ilość nitrobenzolu, w innych zużył się zupełnie. Zdaje się. że wydatek zasady jest trochę lepszy jeżeli się alkalizuje ciecz odfiltrowaną od czarnych, na pozór zwęglonych produktów ubocznych reakcyi Skraupa; główna masa zasady przechodzi bowiem w postaci siarkanu do przesączy. Podczas wykłucania eterem należy się chronić przed powstaniem emulsyi; nadmiar wodnika sodowego jest tu korzystny. W każdej

[1]) Stefan Niementowski: Rozprawy Wydz. mat.-przyr. tom 38, 132.

Digitized by Google

skłuconej partyi cieczy dobrze jest główną masę alkalicznej cieczy najpierw z lejka usunąć, zatrzymując w nim część zemulzionowaną i zawieszone w niej kłaczkowate masy; te ostatnie należy energicznie z eterem kłucić. Wyciąg eterowy powinno się chlorkiem wapniowym doskonale osuszać, inaczej zasada chinolinowa z pozostałości eterowej trudno krystalizuje. Ekstrakcya zimnym chloroformem nie przedstawia, wbrew pierwotnemu mniemaniu, żadnych korzyści wobec ekstrakcyi eterowej.

Dawniej podane warunki temperatury i czasu trwania kondensacyi Skraupa okazały się i w nowych doświadczeniach najkorzystniejsze. Jeżeli się ciepłotę obniży na 170—175°, to około 40—50% (β)-o-aminofenylbenzimidazolu nie wejdzie w działanie; zaś w ciepłotach wyższych, dochodzących do 225° materya silnie się zwęgla. Najkrótszy czas ogrzewania jest dwie godziny; w razie wcześniejszego przerwania działania surowce w znacznej masie pozostają niezmienione. Zmiany stosunków wagowych reagujących mas także nie podniosły wydajności i w tym więc względzie utrzymują się w mocy pierwotne dane.

W uzupełnieniu dawniejszej charakterystyki (β)-o-chinolinbenzimidazolu wytworzono jego

Chlorowodan $C_{16}H_{11}N_3.2HCl$. Jasno-szare igły, które miękną w 248°, topnieją w 260°. W wodzie i wyskoku łatwo rozpuszczalny.

0·1475 g. soli dały 0·1345 g. chlorku srebrowego.

Oblicza się:	Znaleziono:
na $C_{16}H_{11}N_3.2HCl$	
Chloru Cl_2 22·36%	22·54%

(β)-m-Chinolinbenzimidazol.

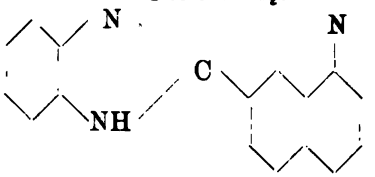
Zasadę tę otrzymano z (β)-m-chinolinbenzimidazolu w ten sam sposób, jak (β)-o-chinolinbenzimidazol. Wykłucanie eterem jest w tym przypadku łatwiejsze, kłaczkowate masy nie tworzą się tak obficie, jak w zasadzie szeregu orto; wydajność chinoliny surowej dochodzi 60% ilości teoretycznie obliczonej. Zasada oczyszcza się przez wytrącanie wodą z podgęszczonych rozczynów wyskokowych; krystalizuje się w cienkich, rozgałęzionych igiełkach, miękących w 100—105°, topniejących w 135—136°; zasada około 105° mięknie, gdyż w tej ciepłocie utraca wodę krystalizacyjną; zawiera jedną drobinę wody.

I. 0·2477 g. istoty osuszonej w eksykatorze dały 0·675 g. bezwodnika węglowego i 0·1066 g. wody.

Digitized by Google

II. 0·1941 g. tej samej istoty dały 27·6 cm.³ azotu pod ciśnieniem barometrycznem 738 mm. słupa rtęci, w ciepłocie 18° C.

III. 0·2457 g. istoty utraciły w 105° C. 0·0164 g. wody.

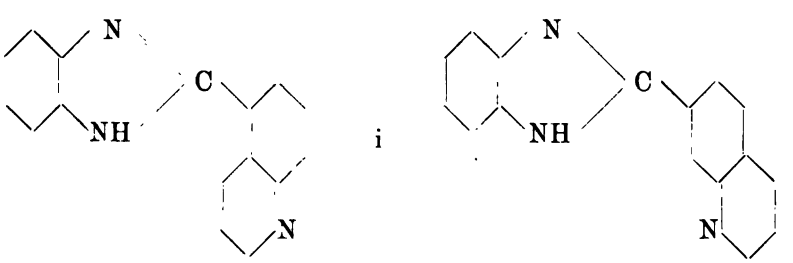
	Oblicza się:		Znaleziono:		
na  + H_2O			I.	II.	III.
C_{16}	192	73·00%	74·33%	— %	— %
H_{13}	13	4·94 „	4·78 „	- „	— „
N_3	42	15·97 „	— „	16·27 „	— „
O	16	6·08 „	— „	— „	— „
	263	99·99%			
H_2O	18	6·84 „	— „	— „	6·66 „

IV. 0·1479 g. zasady osuszonej w 105° C. dały 22·5 cm.³ azotu pod ciśnieniem barometrycznem 741·5 mm. słupa rtęci. w ciepł. 17·5°.

Oblicza się:			Znaleziono:
na $C_{16}H_{11}N_3$			
Azotu N_3	42	17·14%	17·52%

(β)-m-Chinolinbenzimidazol rozpuszcza się bardzo łatwo w alkoholu, acetonie i eterze octowym; łatwo rozpuszczalny w chloroformie, benzolu, toluolu; w eterze trudno rozpuszczalny; w wodzie bardzo trudno rozpuszczalny. W zgęszczonych alkaliach po dłuższem gotowaniu rozpuszcza się w bardzo małej ilości; w amoniaku praktycznie nierozpuszczalny. W zgęszczonych i rozwodnionych kwasach mineralnych rozpuszcza się na ciecze żółtawo-brunatne.

Opisana istota ma wszelkie cechy materyi jednolitej; w jej ługach pokształtnych jak dotąd daremnie szukano za związkiem z nią izomernym. a pochodnym tego samego (β)-m-aminofenylbenzimidazolu; z zasady tej powinny bowiem powstawać dwa chinolinbenzimidazole struktury:



Digitized by Google

Na podstawie dotąd zbadanych materyałów nie można osądzić któremu z tych dwu wzorów odpowiada zasada topniejąca w 136°.

Chlorowodan $C_{16}H_{11}N_3 . 2HCl$. Jasno szare igły, miękną w 229°, topnieją w 236°. W wodzie bardzo łatwo, w wyskoku trudniej rozpuszczalny.

0·137 g. istoty dały 0·1257 g. chlorku srebrowego.

Oblicza się:	Znaleziono:
na $C_{16}H_{11}N_3 . 2HCl$	
Chloru Cl_2 22·36%	22·68%

Azotan $C_{16}H_{11}N_3 . 2HNO_3$. Brunatne, długie igły, topnieje z wyszumieniem w 196° W wodzie rozpuszczalny, trudniej w wyskoku, w obydwu rozczynnikach znacznie mniej od soli kwasu solnego.

0·1337 g. istoty dały 21·4 cm.³ azotu pod ciśnieniem barometrycznem 742 mm. słupa rtęci, w temperaturze 16°.

Oblicza się:	Znaleziono:
na $C_{16}H_{11}N_3 . 2HNO_3$	
Azotu N_5 70 18·87%	18·54%

(β)-p-Chinolinbenzimidazol.

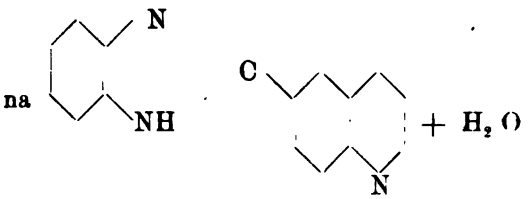
Ciało to otrzymano tak samo, jak obydwa poprzednie izomery Wydatek wyniósł 40% ilości użytego (β)-p-aminofenylbenzimidazolu. Związek wykrystalizowany z wyskoku tworzy igiełki jasno-szare, które w 105—110° topnieją w wodzie krystalizacyjnej, którą tracąc znów, tężeją i potem około 215° ponownie topnieją; z benzolu krystalizuje się istota w ciemno-żółtych blaszkach, które wody nie zawierają i topnieją nieco wyżej w 218°.

I. 0·1721 g. istoty osuszonej w eksykatorze dały 0·4665 g. bezwodnika węglowego i 0·079 g. wody.

II. 0·1129 g. tej samej istoty dały 15·4 cm.³ azotu pod ciśnieniem barometrycznem 737·5 mm. słupa rtęci, w ciepłocie 16·5°.

III. 0·1345 g. tej samej istoty utraciły w 110° 0·091 g. wody.

Digitized by Google

	Oblicza się:		Znaleziono:		
na  + H_2O			I.	II.	III.
C_{16}	192	73·00%	73·93%	- %	— %
H_{13}	13	4·94 „	5·12 „	— „	— „
N_3	42	15·97 „	— „	15·67 „	— „
O	16	6·08 „	— „	— „	— „
	263	99·99%			
H_2O	18	6·84 „	— „	— „	6·76 „

IV. 0·1254 g. istoty osuszonej w 110° dały 18·5 cm.³ azotu pod ciśnieniem barometrycznem 739 mm. słupa rtęci w ciepłocie 18°.

Oblicza się:			Znaleziono:
na $C_{16}H_{11}N_3$			I.
Azotu N_3	42	17·14%	16·90%

(β)-p-Chinolinbenzimidazol rozpuszcza się bardzo łatwo w wyskoku, acetonie i eterze octowym, łatwo w chloroformie, bardzo trudno w benzolu i zwykłym eterze. Praktycznie nie rozpuszcza się w wodzie, amoniaku i ługach alkalicznych, rozpuszczalny w kwasach mineralnych; roztwór w zgęszczonym kwasie siarkowym fluoryzuje niebiesko.

Chlorowodan $C_{16}H_{11}N_3 . 2HCl$. Brunatnawe blaszki o połysku perłowej macicy; topnieje w 180—181°. W wodzie bardzo łatwo, nieco trudniej rozpuszczalny w wyskoku.

0·163 g. istoty dały 0·1454 g. chlorku srebrowego.

Oblicza się:		Znaleziono:
na $C_{16}H_{11}N_3 . 2HCl$		
Chloru Cl_2	22·36%	22·05%

Azotan $C_{16}H_{11}N_3 . 2HNO_3$. Krystalizuje się w jasno-brunatnych blaszkach, topniejących z wyszumieniem w 223—224°. Łatwo w wodzie, nieco trudniej rozpuszczalny w wyskoku.

Oblicza się:		Znaleziono:
na $C_{16}H_{11}N_3 . 2HNO_3$		
Azotu N_5	70 18·87%	18·52%

Z laboratoryum chemii ogólnej w szkole politechnicznej we Lwowie.

Digitized by Google

O budowie naczyń włoskowatych krwionośnych i ich stosunku do komórek wątrobnych.

Przez

T. Browicza.

(Z tablicą 1-szą).

Wniesiono na posiedzeniu Wydz. mat.-przyr. d. 7. maja 1900.

Sieć śródzrazikowych naczyń włoskowatych krwionośnych jest nader obfitą. Naczynia włoskowate krwionośne, szczególnie połączenia ich poprzeczne, są o wiele liczniejsze, aniżeli się to wydaje. Injekcye mechaniczne, sztuczne, jakoteż fizyologiczne, naturalne nawet w przypadkach zupełnie udałych nie wyłączają możliwości, iżby części naczyń włoskowatych krwionośnych nie napełniły się i nie uszły uwagi. Badając szereg wątrób chorobowo zmienionych, w których w różnym stopniu naczynia włoskowate krwionośne bywają rozszerzone, czy krwią napełnione czy próżne, doszedłem do przekonania, iż połączenia poprzeczne są bardzo liczne, o czem obrazy mikroskopowe sztucznie nastrzykanych wątrób nie dają dokładnego pojęcia [1]).

[1]) Wiadomo, iż używane metody badania, injekcye, impregnacye, barwienie, rozdrabnianie mechaniczne, macerowanie, działanie chemiczne, nie są absolutnie pewne, że nieraz i często nie odsłaniają nam szczegółów budowy komórek i tkanek, które mimo to w rzeczywistości istnieją i na normalnym materyale nie są dostrzegalne. Zwracam uwagę na substancyę kitową mięśnia serca. Za pomocą srebrzenia możemy w normalnym mięśniu wykazać tylko istnienie substancyi kitowej. Możemy macerowaniem lub działaniem chemicznem rozdzielić pojedyncze komórki mięsne, tworzące

Digitized by Google

Obraz na fig. 1. małej części zrazika wątroby, w której naczynia włoskowate krwionośne w zrazikach wątroby były rozszerzone a więc widzialne, widziany w silniejszem powiększeniu daje niejakie wyobrażenie o tem. Od kierunku przekroju, od tego, czy przekrój trafia naczynie włoskowate krwionośne, które może leżeć tuż ponad lub tuż pod płaszczyzną cięcia, dalej od tego, w jakiej wysokości średnicy naczynia cięcie wykonano, od przebiegu naczynia, zależy jego dostrzegalność i obraz, jaki naczynie włoskowate krwionośne, w tem miejscu tkanki istniejące, przedstawia. Obrazy poprzecznych gałązek, połączeń naczyń krwionośnych włoskowatych wśród zrazika wątroby są bardzo różne, zależne od warunków wyżej przytoczonych. Oto kilka przykładów tego rodzaju obrazów.

Na fig. 2. widzimy przekrój podłużny i poprzeczny dwóch rozszerzonych próżnych naczyń włoskowatych krwionośnych. Na przekroju podłużnym włoskowatego naczynia widać na prawo zatokowate zagłębienie włoskowatego naczynia, wnikające pomiędzy komórki wątrobne i kończące się na pozór ślepo. Między ślepem zakończeniem tego zatokowatego zagłębienia, a lewym brzegiem przekroju poprzecznego naczynia włoskowatego krwionośnego widać poprzecznie położone jądro, które należy do ściany naczynia krwionośnego nie leżącego w płaszczyźnie cięcia. Czerwono zabarwiona ziarnista masa około jądra w świetle podłużnie przeciętego naczynia odpowiada cytoplaźmie komórki ściennej.

Na fig. 3. mamy także przekrój podłużny i poprzeczny dwóch naczyń włoskowatych krwionośnych, które na pozór rozdzielone są komórką wsuniętą między komórki wątrobne. Komórka ta znowu na-

---

beleczkę. Więcej szczegółów metodami naszemi dostrzedz nie jesteśmy w stanie. W mięśniu serca ludzi starych substancya kitowa sama przez się, bez udziału jakiegokolwiek sztucznego działania, staje się widoczną. Możemy obraz mikroskopowy takiego mięśnia użyć wprost ze świeżego materyału uzyskany do demonstrowania budowy komórkowej beleczki mięsnej. Dopiero na materyale chorobowo zmienionego mięśnia wychodzi na jaw budowa, struktura substancyi kitowej, którą uważano za bezpostaciową. (Browicz, O zachowaniu się substancyi kitowej beleczków mięsnych serca w stanach chorobowych. *Przegląd lekarski* i *Wiener klin. Wochenschrift* 1889. O znaczeniu zmian substancyi kitowej beleczków mięśnych serca. *Przegląd lekarski* i *Archiwum Virchowa* 1893. W sprawie budowy substancyi kitowej beleczków mięsnych serca. *Gazeta lekarska* 1893. Przewóski, *Gazeta lekarska* 1893). Cały szereg szczegółów, które w szeregu prac co do budowy i funkcyi komórki wątrobnej i budowy zrazika wątroby wykazałem wyłącznie na materyale patologicznym, wskazuje, iż obok zwykłych, używanych w histologii metod i badania materyału fizyologicznego, uwzględniać koniecznie należy odpowiednio dobrany materyał patologiczny, a niejeden szczegół dotąd nieznany, jakkolwiek w rzeczywistości istniejący, będzie dostępny.

Digitized by Google

leży do ściany naczynia włoskowatego krwionośnego, jest komórką ścienną, która znajdowała się w obrębie płaszczyzny cięcia. Jądra komórek ściennych naczyń włoskowatych krwionośnych barwią się w ogóle silniej, aniżeli jądra komórek wątrobnych.

Cytoplazma komórek ściennych, co w preparatach barwionych metodą van Giesona szczególnie na jaw wychodzi, jest często inaczej zabarwiona aniżeli cytoplazma komórek wątrobnych, mianowicie różowawo, co na dołączonych rycinach widoczne i co zresztą jest zupełnie naturalne.

W preparatach barwionych metodą van Giesona ściany naczyń włoskowatych krwionośnych barwią się podobnie, jak ściany kanalików żółciowych międzykomórkowych i tkanka łączna, czerwono. A ponieważ ściany naczyń włoskowatych krwionośnych złożone są tylko z jednej warstwy komórek, przeto cytoplazma komórek ściennych musi się zabarwić mniej lub więcej czerwono na preparatach barwionych udatnie metodą van Giesona. Ta różna barwliwość wyróżnia te komórki od komórek wątrobnych.

Na fig. 4. znowu jest przekrój poprzeczny i podłużny dwóch naczyń włoskowatych krwionośnych, które łączy komórka jakby trójkątna, położona pomiędzy komórkami wątrobnemi; jest to jeden z licznych różnych obrazów komórki ściennej zależny od kierunku cięcia, położenia i przebiegu naczyń w stosunku do płaszczyzny cięcia.

Wypustki, o których Kuppfer [1]) wspomina, że od komórek ściennych naczynia włoskowatego, wciskają się od ich ściany pomiędzy komórki wątrobne, są to części ściany naczyń włoskowatych krwionośnych, które zależnie od kierunku cięcia w płaszczyźnie cięcia nie są jako takie widoczne.

Na fig 5. widzimy czerwoną linię [2]), łączącą dwa naczynia włoskowate krwionośne, w ciągu której widoczne podłużne jądro, cytoplazmy komórki, do której jądro należy, nie widać zupełnie. To jądro należy także do komórki ściennej naczynia włoskowatego krwionośnego, zupełnie próżnego i zapadłego, którego ścianki przylegają do siebie i dlatego naczynie włoskowate wygląda jako linia.

Różne te obrazy stąd pochodzą, iż rozszerzone, otwarte albo też próżne, zapadłe naczynia włoskowate krwionośne w różnych płaszczyznach dostają się w obręb cięcia. Możliwym więc jest także taki obraz

[1]) Kupffer, Ueber die sogenannten Sternzellen in der Saugethierleber. *Archiv f. mikr. Anat.* 1899.

[2]) Stwardnianie 2% formaliną. Skrawki z przymrożonych kawałeczków cięte. Barwienie metodą van Giesona.

Digitized by Google

jak na fig. 6. na którym ani światła naczynia ani jądra ani też komórki ściennej śladu niema, a naczynie włoskowate, krwionośne wygląda jako linia łącząca oba naczynia włoskowate położone po bokach jednoszeregowego pasma komórek wątrobnych

Linie międzykomórkowe, widoczne na niebarwionych preparatach w niektórych częściach obrazu mikroskopowego, które są rozpięte między dwoma naczyniami włoskowatemi krwionośnemi i przebiegają poprzecznie do osi jednoszeregowego pasma komórek wątrobnych, mogą być także śladem zapadłych naczyń włoskowatych krwionośnych, tożsamo linie czerwone w preparatach metodą van Giesona barwionych. Nie wszystkie te linie są więc śladem zapadłych, próżnych kanalików żółciowych międzykomórkowych (porównaj pracę: O budowie kanalików żółciowych międzykomórkowych i ich stosunku do naczyń włoskowatych krwionośnych). a ściany tak kanalików żółciowych międzykomórkowych, jakoteż naczyń krwionośnych barwią się jednako fuksyną.

Na fig. 1. widzimy obraz małej części zrazika wątrobowego z wątroby, w której sieć naczyń włoskowatych krwionośnych była rozszerzona, a naczynia w skrawku mikroskopowym próżne. Na tym obrazie widać liczne, wąskie, próżne, poprzeczne gałązki, połączenia naczyniowe. Pomiędzy niemi widać na pozór ślepo kończące się gałązki. Na pozór ślepo, gdyż przy odmiennem nastawieniu mikroskopu można często dostrzedz, iż na pozór ślepo kończące się naczynie włoskowate dalej bieży i łączy się głębiej lub płyciej z innem naczyniem włoskowatem

Komórki takie, jak na fig. 8.. które leżą na pozór wśród pasma komórek wątrobnych, odznaczające się także ciemniejszem barwieniem się jądra, a nawet odmiennem barwieniem się cytoplazmy aniżeli cytoplazma komórek wątrobnych, czem komórki ścienne naczyń włoskowatych wyróżniają się od komórek wątrobnych, komórki, które w przypadkach żółtaczki zawierają niekiedy złogi żółci, uważam także za komórki ścienne naczyń włoskowatych krwionośnych, których tylko cząstka ściany znajdowała się w obrębie płaszczyzny cięcia. Na fig. 8. komórka taka oddzielona jest od naczynia włoskowatego krwionośnego, po lewej stronie położonego, pasmem cytoplazmy komórek wątrobnych, gdy przy innem nastawieniu mikroskopu widać jak na fig. 9. dalszy ciąg cytoplazmy tej komórki ku naczyniu włoskowatemu krwionośnemu dążący. Za takiem pojmowaniem tych komórek przemawia także obraz na fig. 10., gdzie cytoplazma komórek ściennych tworzy wypuklenie, złogi żółci mieszczące, ku zagłębieniu w pasmie komórek wątrobnych widocznie zwrócone. Obrazy takie, jak na fig. 8., 9., 10.

Digitized by Google

przedstawiają znaczną różnorodność zależną od kierunku cięcia i położenia naczyń krwionośnych włoskowatych w różnych płaszczyznach.

Ściany naczyń włoskowatych w obrazie fig. 1. oddzielone są od brzegu naczyniowego pasm, szeregów komórek wątrobnych, co w stanach chorobowych wątroby nie rzadko się spotyka. Wskutek tego cała ściana naczynia włoskowatego krwionośnego zupełnie jest wyraźna. Obrazy te świadczą, iż ściana naczynia włoskowatego zbudowana jest z jednej tylko warstwy. W pracy mojej: O śródnaczyniowych komórkach w naczyniach włoskowatych krwionośnych zraziков wątroby (Rozprawy Wydz. mat.-przyr., t. 37, 1898; Gazeta lekarska 1900; Arch. f. mikr. Anat.. t. 55) przypuszczałem wogóle możliwość istnienia dwuwarstwowej ściany naczyń włoskowatych krwionośnych wśród zrazika wątroby, jakkolwiek powiedziałem, iż istnieją także niewątpliwe obrazy, które przemawiają za jednowarstwowością ściany. Kupffer w przytoczonej powyżej pracy twierdzi stanowczo, iż jego komórki gwiazdkowate, a moje śródnaczyniowe, tworzą właściwą ścianę naczyń włoskowatych krwionośnych w zraziku wątroby. Kupffer cofnął więc sam dawne swoje twierdzenie. że komórki gwiazdkowate leżą na zewnątrz naczynia włoskowatego. przylegają do niego od zewnątrz. Przyznać muszę zupełną słuszność zdaniu Kupffera na podstawie moich późniejszych badań. iż ściana naczyń włoskowatych krwionośnych w zraziku wątroby złożoną jest tylko z jednej, jedynej warstwy komórek. W pracy swej Kupffer powiada jednak, że u starszych zwierząt nie rzadko ściana naczyń włoskowatych krwionośnych jest zgrubiałą i wtedy dwuwarstwowość ściany jest wyraźnie widoczna. Spotyka się obrazy jak na fig. 7., na których po zewnętrznej stronie ściany naczynia włoskowatego krwionośnego w preparatach metodą van Giesona barwionych widać cieniutką smugę czerwoną, która wygląda jak włókno lub też niekiedy jako szersze, włóknistego wejrzenia pasmo, po zewnętrznej stronie którego widoczny jest brzeg szeregu komórek wątrobnych. Wtedy wszystkie te trzy części występują oddzielnie tak, iż je można jedne od drugich bardzo wyraźnie odróżnić. Ta pozornie zewnętrzna warstwa ściany naczynia włoskowatego krwionośnego przebiega dalej poza naczynie pomiędzy komórki wątrobne.

Są to więc części siatki włókien. pasm, które od tkanki międzyzrazikowej w głąb zraziков wnikają i w niektórych zrazikach bardzo wyraźnie występują.

Obrazy takie, jak na fig. 1., wykazują więc niewątpliwie, iż ściana naczynia włoskowatego krwionośnego w zraziku wątroby jest

Digitized by Google

jednowarstwową, składa się tylko z jednej warstwy komórek, które najwłaściwiej nazwaćby należało komórkami ściennemi.

W pracy „O śródnaczyniowych komórkach w naczyniach włoskowatych krwionośnych zraziков wątroby“ zwróciłem uwagę, iż komórki, które dzisiaj jako ścienne i jedyną warstwę ściany naczynia tworzące uważam, oddzielają się łatwo ze związku z innemi komórkami ściennemi i leżą wolno w świetle naczyń, a nawet w stanach patologicznych wątroby mogą tworzyć zatory komórczane. Szczegół ten, który łatwo w wątrobach chorobowo zmienionych można dostrzedz, przemawia za tem, iż komórki, z których ściana naczynia się składa, nie tworzą, jak to Ranvier, Renaut, Kupffer przyjmują, pokładu syncytialnego, lecz są zindywidualizowane.

Komórki ścienne nie we wszystkich częściach zrazika, nie we wszystkich naczyniach włoskowatych, nie we wszystkich odcinkach jednego i tego samego naczynia mają jednakie wejrzenie. Przeważnie są one płaskie, cytoplazma wygląda jako cienka linia, jądro tylko zwraca na się uwagę, które także jest płaskie. Gdzieindziej komórki ścienne są grube jakby napęczniałe, sterczą do światła naczynia, jądro jest owalne, duże. Brzeg komórek ściennych, ku światłu naczynia zwrócony, posiada niekiedy wypustki protoplazmatyczne, sterczące do światła naczynia. Wypustki te są dosyć długie, cienkie. Zwróciłem na nie uwagę jeszcze w r. 1898. i podałem ten szczegół w publikacyach: O śródnaczyniowych komórkach i t. d.

W wielu odcinkach naczyń włoskowatych krwionośnych na znacznej niekiedy przestrzeni nie widać zupełnie komórek ściennych, jąder i ściana naczynia wygląda jako cienka, jednolita smuga, zależy to od kierunku cięcia.

W komórkach ściennych, sterczących do światła naczynia włoskowatego spotyka się, na co równocześnie z Kupfferem zwróciliśmy uwagę, krwinki czerwone. Spotykałem w nich także krwinki białe, grudki barwika żółtego, a w przypadkach, gdy hemoglobina znajdowała się we krwi w rozczynie, czy to u psa po wstrzyknięciu rozczynu hemoglobiny do krwi, czy to po rozpuszczeniu krwinek pod wpływem np. toluilendiaminy, a u człowieka w przypadkach np. przekrwienia biernego, znajdowałem także grudki, ziarna barwika czarnego, jakoteż brunatne igiełkowate kryształy w wakuolach, naturalnie po stwardnieniu kawałeczków wątroby w formalinie.

Obecność w tych grubych, niejako napęczniałych, do światła naczynia sterczących komórkach ściennych krwinek czerwonych świadczy, iż komórki te wchłaniają, wciągają morfologiczne części ze krwi, przyczem wypustki tych komórek, o których powyżej nadmieniam,

Digitized by Google

mogą być czynne podobnie jak wypustki leukocytów. Krwinki czerwone czy białe, ślady hemoglobiny w postaci ziarn i kryształów brunatnych igiełkowatych spotyka się w ścianie naczyń włoskowatych krwionośnych tylko w tych soczystych, do światła naczynia sterczących, niekiedy wypustki protoplazmatyczne okazujących komórkach ściennych, natomiast w płaskich nigdy dotąd tworów morfologicznych lub śladów hemoglobiny nie spotkałem. Ten różny obraz komórek ściennych wskazuje, zdaniem mojem, na różny okres czynności komórek ściennych. Komórki ścienne płaskie odpowiadają okresowi spoczynku, komórki ścienne soczyste, sterczące do światła naczynia, okazujące wypustki, odpowiadają okresowi czynności, gdy komórki ścienne wciągają ze krwi materyał, który potem do komórek wątrobnych się dostaje. W tkankach bowiem nie wszystkie komórki są równocześnie czynne, jedne spoczywają, drugie są w różnych okresach czynności, tak iż istnieje podział pracy co do czasu.

Udział komórek ściennych w przeprowadzaniu materyału odżywczego i czynnościowego przez ścianę naczynia włoskowatego nie jest bierny, nie jest to proste przesiąkanie części składowych krwi przez ścianę naczynia włoskowatego. Komórki ścienne mają w tej sprawie udział czynny, regulują one t. zw. transudacyą fizyologiczną co do ilości, a prawdopodobnie i jakości materyału.

Komórki ścienne przylegają ściśle (jak to na fig. 11. widać) do brzegu naczyniowego pasm komórek wątrobnych i już w r. 1897 w pracy, p. t.: Jak i w jakiej postaci otrzymują komórki wątrobne hemoglobinę, wypowiedziałem zdanie, że pomiędzy naczyniami włoskowatemi krwionośnemi a komórkami wątrobnemi istnieje ścisły związek, gdyż inaczej biernego dostawania się krwinek czerwonych do komórki wątrobnej wytłómaczyćby nie można. Za takim też ścisłym związkiem przemawiają także wyniki injekcyi Frasera i Nauwercka.

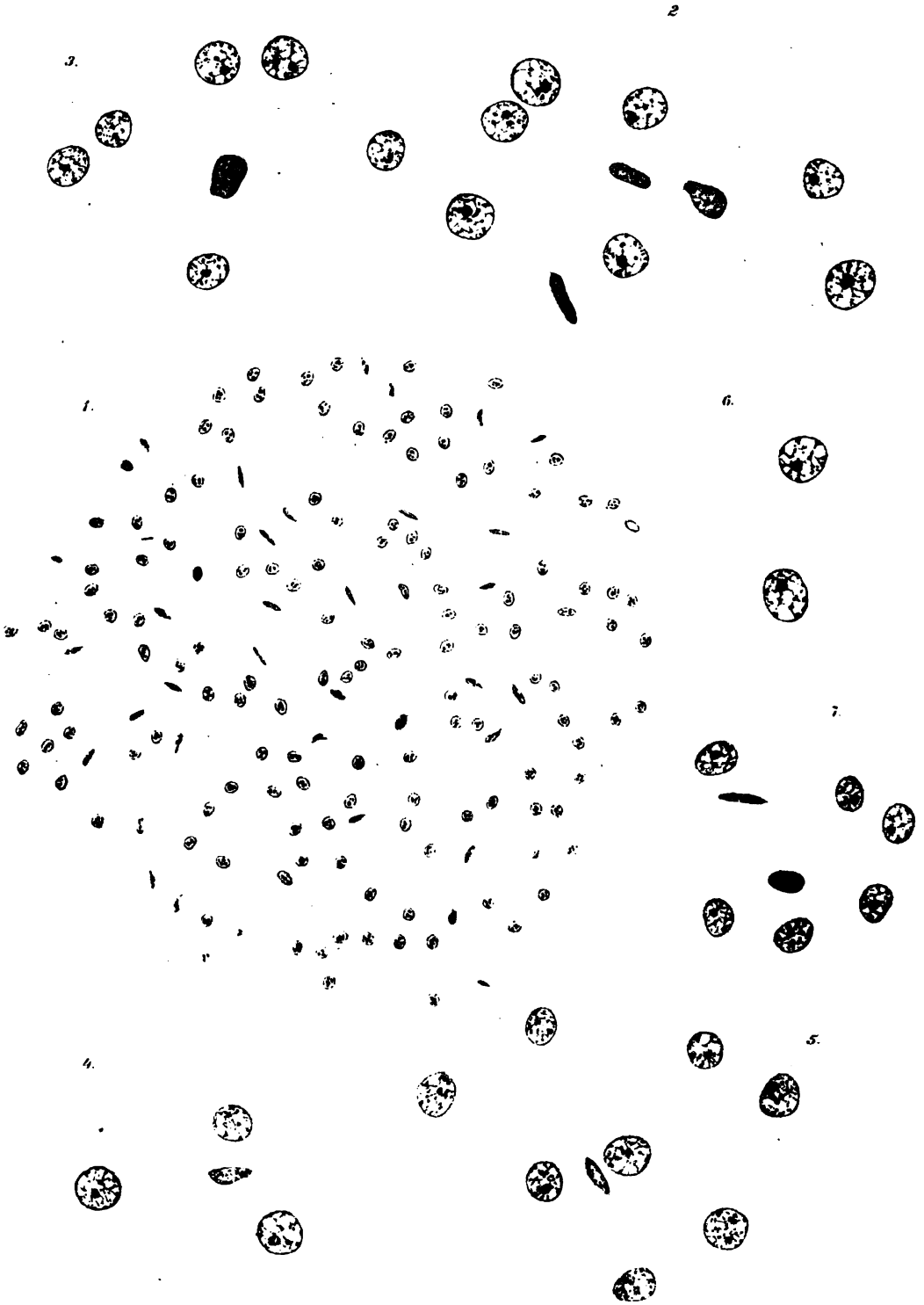
W przypadkach ostrej żółtaczki np. toluilendiaminą u psa wywołanej, jakoteż żółtaczki u człowieka widać w komórkach ściennych naczyń włoskowatych krwionośnych złogi żółci tak w komórkach ściennych przylegających do brzegów komórek wątrobnych, jakoteż wolno wśród światła naczyń leżących. Obraz takich komórek ściennych przedstawiają fig. 11., 12., 13. i 14.

Skąd i jak dostaje się żółć do komórek ściennych?

W pracy „O budowie kanalików żółciowych międzykomórkowych i ich stosunku do naczyń włoskowatych krwionośnych“ zwróciłem uwagę, iż w razie wytwarzania przez komórki wątrobne nadmiaru żółci a względnie barwika żółci, w razie przepełnienia kanalików żółciowych międzykomórkowych, cieniutkie ścianki kanalików żółciowych

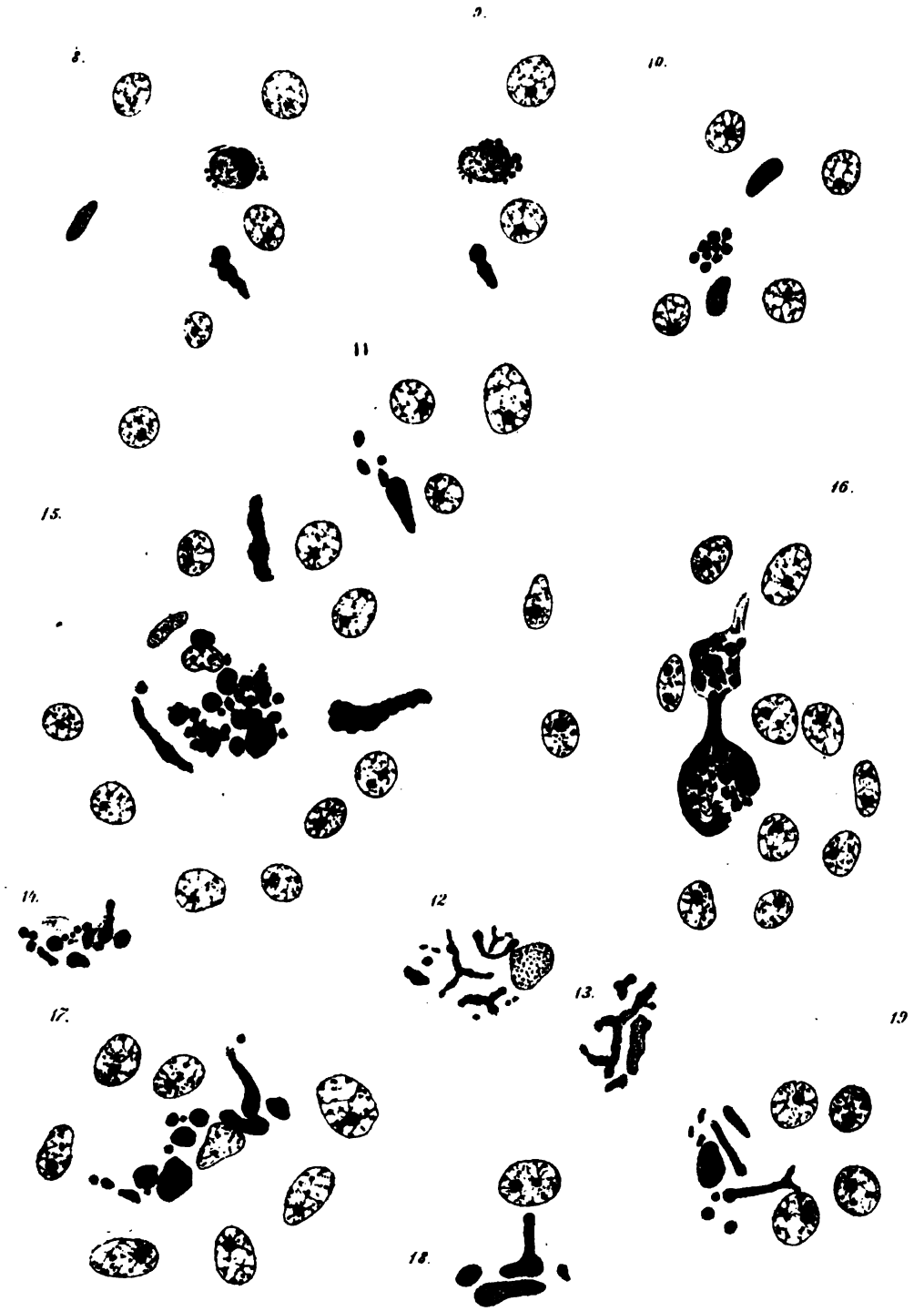
Digitized by Google

Digitized by Google



T. Browicz

Digitized by Google



Lit. F. Konichowski Kraków

Digitized by Google

Digitized by Google

międzykomórkowych, które stykają się z naczyniami włoskowatemi krwionośnemi, jakoteż ścianki naczyń włoskowatych krwionośnych ulegają, wskutek zwiększonego w kanalikach żółciowych międzykomórkowych ciśnienia, przedarciu, żółć dostaje się do krwi i drogą krwi w obieg ogólny. Krew zawiera więc przynajmniej czasowo barwik żółci we krwi rozpuszczony. Barwik żółci mogłyby więc komórki ścienne wciągnąć i tak powstałyby złogi żółci w komórkach ściennych. Albo też wobec ścisłego przylegania ścianek naczyń do beleczek, pasm komórek wątrobnych żółć mogłaby być wciśniętą od zewnątrz. Ostatni sposób dostawania się żółci w obręb komórek ściennych wydaje mi się prawdopodobniejszy, a to z następujących powodów.

Obraz na fig. 15. wykazuje, że żółć z przepełnionych kanalików żółciowych międzykomórkowych dostać się może do naczyń krwionośnych, co w preparatach z wątrób żółtaczkowych bardzo łatwo stwierdzić można. Szczegół ten, iż żółć w przypadkach chronicznej żółtaczki dostaje się do naczyń włoskowatych krwionośnych, że komórki ścienne zawierają złogi żółci, znany jest dawniej. Ziegler w swej anatomii patologicznej reprodukuje taki obraz. Obraz na fig. 16., na którym między złogiem żółci w rozszerzonym kanaliku międzykomórkowym a oddzieloną i zdeformowaną komórką ścienną istnieje związek zapomocą pasma żółci, potwierdza to tłómaczenie.

W pracy „O drogach odżywczych w komórkach wątrobnych“ wypowiedziałem zdanie, że w komórce wątrobnej obok dróg żółciowych, wywozowych, istnieją także drogi odżywcze, dowozowe; podniosłem wówczas ponownie, że między komórkami wątrobnemi a naczyniami włoskowatemi krwionośnemi istnieje ścisły związek. Na fig. 17., 18. i 19. widać pomiędzy oddzielonemi od brzegu naczyniowego pasm komórek wątrobnych i złogi żółci zawierającemi komórkami ściennemi a komórkami wątrobnemi pasma żółci w kształcie cylindra, którego jeden koniec tkwi w komórce ściennej, drugi koniec w komórce wątrobnej. Pasmo żółci łączące te dwie komórki, leży wolno w przestworze pomiędzy obiema komórkami, który powstał dopiero po oddzieleniu się komórek, który jednak w normalnym stanie nie istnieje, gdyż z naciskiem już kilkakrotnie podnosiłem, że komórki ścienne przylegają ściśle do komórek wątrobnych.

W świetle naczyń włoskowatych krwionośnych spotykałem wolno leżące komórki ścienne, z których powierzchni, jak na fig. 14., sterczała wypustka, będąca niejako odlewem żółciowym kanalika, z którego oddzielająca się komórka ścienna treść jego wyciągnęła.

Bezpośredni związek między złogami żółci w komórkach wątrobnych i komórkach ściennych przemawia więc za dostaniem się żółci

Digitized by Google

do komórek ściennych wprost z komórek wątrobnych. Taki związek złogów żółci w komórkach ściennych i komórkach wątrobnych nie często się spotyka, zazwyczaj spotyka się przepełnienie kanalików żółciowych międzykomórkowych i komórki ścienne zawierające złogi żółci, gdy komórki wątrobne albo zupełnie złogów żółci nie zawierają albo też ich ślady. Niekiedy spotyka się w niektórych częściach miąższu wątroby złogi żółci tylko w komórkach wątrobnych.

Ten nieprawidłowy kierunek wydalania żółci z komórek wątrobnych jest, zdaniem mojem, w związku z przyjętem przeze mnie istnieniem dróg odżywczych w komórce wątrobnej. Drogi odżywcze w komórce wątrobnej muszą być w ścisłym związku z naczyniami krwionośnemi. W pracy „O drogach odżywczych w komórce wątrobnej" (lipiec 1899) wypowiedziałem następujące zdanie: „Pogląd przeze mnie przedstawiony o istnieniu w komórce wątrobnej stałych dróg wywozowych i dowozowych i ścisłym związku tych ostatnich a względnie komórki wątrobnej z naczyniami włoskowatemi krwionośnemi i dla patologii jest ważny i tłómaczy nam niektóre sprawy chorobowe jaśniej i łatwiej. Wielka blizkość wśród miąższu komórki wątrobnej kanalików żółciowych i odżywczych czyni w razie przepełnienia kanalików żółciowych możebnem przedarcie się żółci do kanalików odżywczych i dostanie się żółci w obieg ogólny, do krwi. Możliwość przelewania się żółci z jednych kanalików w drugie tłómaczą nam obrazy takie, jak na fig. 5. w pracy „O budowie komórki wątrobnej", w których przecież nie wszystkie częścią jednolitą, zieloną żółcią wypełnione, częścią pomarańczowym osadem żółci wyścielone wakuolki można uważać jako obrazy przekrojów kanalików żółciowych. Taksamo też i w odwrotnym kierunku, w razie przepełnienia hemoglobiną kanalików odżywczych, hemoglobina, jako taka, dostać się może do środkomórkowych kanalików żółciowych, do żółci, wskazówki tego spotykamy w patologii".

Pojęcie powstawania żółtaczki, a przynajmniej pewnych jej form według Liebermeistra *(icterus akathekticus)*, Picka *(paracholia)*, Minkowskiego *(parapedesis bilis)* zyskałyby w budowie komórki wątrobnej, w istnieniu odrębnych stałych śródkomórkowych dróg dowozowych i wywozowych na podstawie przytoczonych obrazów mikroskopowych uzasadnienie, do czego dołączyć i uwzględnić trzeba stosunek kanalików żółciowych międzykomórkowych do śródzrazikowych naczyń włoskowatych krwionośnych, który dostawanie się żółci do naczyń krwionośnych ułatwia.

Na fig. 12., 13. i 14. widać wreszcie, iż żółć wśród komórek ściennych nagromadzona nie nasiąka komórki całkowicie, jednostajnie. Komórki nie są napojone żółcią, jak to na komórkach wątrobnych

Digitized by Google

martwych pod wpływem barwika żółci czy jakiegokolwiek innego barwika dostrzegamy. Przeciwnie występuje żółć w postaci złogów ściśle ograniczonych, w postaci kul, złogów owalnych, podłużnych pasm, a nawet pasm rozgałęziających się. Niekiedy sięgają pasma żółci śródkomórkowe aż do brzegu komórki ściennej. Kształt tych złogów zależy więc, zdaniem mojem, od szczelin, przestworów, dróg czy kanalików istniejących wśród komórki, niewidocznych, gdy są próżne, dostrzegalnych, gdy są treścią napełnione, treścią tak charakterystyczną jak żółć. Obrazy te co do położenia i kształtu tych złogów żółci wśród komórek ściennych odpowiadają zupełnie znanym obrazom w komórkach wątrobnych. W komórkach ściennych, w komórkach innego gatunku, aniżeli komórki wątrobne, istniałyby więc, a tak sądzę na podstawie obserwowanych różnorodnych obrazów, podobne stałe drogi jak w komórkach wątrobnych (porównaj moją pracę: W kwestyi pochodzenia melaniny w nowotworach barwikowych. Rozprawy Wydz. mat.-przyr., t. 37.). W końcu zwracam znowu uwagę na kwestyę naczyń limfatycznych w zraziku wątroby. W tej formie i ułożeniu, jak to ogólnie opisują i przyjmują, nie istnieją naczynia limfatyczne z wszelką pewnością, a jakkolwiek na razie nie idę tak daleko jak Teichmann (Rozprawy Wydz. mat.-przyr., t. 34.), który twierdzi, iż w zraziku wątroby niema wcale naczyń limfatycznych, to jednakże twierdzę, że w zraziku wątroby przestwory limfatyczne okołonaczyniowe stanowczo nie istnieją.

Digitized by Google

Czy kanaliki żółciowe międzykomórkowe mają własne ścianki?

Przez

T. Browicza.

Z tablicą 3-cią.

Wniesiono na posiedzeniu Wydz. mat.-przyr. d. 12. listopada 1900.

W pracy mojej, p. t.: Śródkomórkowe kanaliki żółciowe, ich stosunek do wakuol Kupffera i do pewnej formy wakuolizacyi komórki wątrobnej (Rozprawy Wydz. mat.-przyr., t. 34.), zwróciłem uwagę na to, że w preparatach barwionych hematoksyliną i eozyną w niektórych częściach obrazu mikroskopowego linie międzykomórkowe występują jako mniej więcej szerokie eozyną silniej aniżeli cytoplazma komórek wątrobnych barwiące się pasemka, gdzieniegdzie faliste, a nawet mające włókniste wejrzenie. Odniosłem wtedy wrażenie jakoby kanaliki żółciowe międzykomórkowe posiadały własne ścianki.

W późniejszej pracy o budowie kanalików żółciowych międzykomórkowych i ich stosunku do naczyń krwionośnych włoskowatych śródzrazikowych (styczeń 1900) wypowiedziałem stanowczo zdanie, iż kanaliki żółciowe międzykomórkowe wśród zrazika wątroby posiadają własne ścianki.

Oparłem się wtedy na tem spostrzeżeniu, iż izolowane, odosobnione komórki wątrobne, co w stanach chorobowych wątroby często się spotyka, w preparatach barwionych, aż do samego brzegu, do krańca

Digitized by Google

cytoplazmy, jednostajnie się barwią, że nie na wszystkich komórkach wątrobnych ciemniejsze zabarwienie szlaku zewnętrznego cytoplazmy komórki wątrobnej dostrzedz można, że więc t. zw. ektoplazma w komórkach wątrobnych nie istnieje. Oparłem się następnie na drugiem spostrzeżeniu, że w preparatach metodą van Giesona barwionych, wziętych przedewszystkiem z wątrób chorobowo zmienionych barwi się cytoplazma komórek wątrobnych żółto, a linie międzykomórkowe niejako granice komórek wątrobnych fuksyną, czerwono. Barwią się one taksamo jak ściany naczyń włoskowatych krwionośnych i jak tkanka łączna.

W wątrobach, w których za życia komórki wątrobne wytwarzały nadmiar żółci i całkowicie wydaliły ją do kanalików żółciowych międzykomórkowych, kanaliki żółciowe międzykomórkowe są otwarte, rozszerzone, częścią próżne, częścią żółcią napełnione tak, że obraz mikroskopowy wskutek tego stanu kanalików żółciowych międzykomórkowych jest bardzo wyraźny i charakterystyczny. Na podstawie tych obrazów wypowiedziałem zdanie, iż linie międzykomórkowe są tworami od komórek wątrobnych zupełnie oddzielnymi i że kanaliki żółciowe międzykomórkowe tworzą zupełnie samoistny system kanalików, co zresztą twierdzili już, jak to wtedy nadmieniłem, dawniejsi autorowie a między nimi i Peszke.

Na podstawie dalszych badań stwierdzam ponownie zdanie w styczniu wypowiedziane, jakoteż spostrzeżenie moje ówczesne, że kanaliki żółciowe międzykomórkowe w pewnych częściach stykają się z naczyniami włoskowatemi krwionośnemi, a nawet w pewnych kierunkach przebiegają wzdłuż naczyń krwionośnych włoskowatych[1]), że więc kanaliki żółciowe międzykomórkowe nie tworzą nigdzie ślepych gałązek, odnóg, lecz tworzą zamknięty system kanalików uchodzący do kanalików żółciowych międzyzrazikowych.

Do szczegółów w powyżej przytoczonych pracach podanych dodaję teraz nowy szczegół, niewątpliwy dowód, iż kanaliki żółciowe międzykomórkowe posiadają własne ścianki, że tworzą od komórek wątrobnych zupełnie niezależny, samoistny system, wbrew ogólnemu zapatrywaniu.

Dostrzegalność linii i punktów materyalnych jest, jak wiadomo, ograniczona. Granica ta wynosi 0·0002 mm., co się tyczy grubości linii i punktów materyalnych. Niemniejsze znaczenie ma wzajemna ich

[1]) Co i w pracy o patogenezie żółtaczki podniosłem *(Przegląd lekarski* i *Gazeta lekarska* 1900).

Digitized by Google

odległość. Z tego też powodu niejeden szczegół w budowie komórek i tkanek uchodzi naszej uwagi.

W r. 1889. (O zachowaniu się substancyi kitowej beleczków mięsnych serca w stanach chorobowych i o znaczeniu zmian substancyi kitowej beleczków mięsnych serca. *Przegląd lekarski* 1889 i 1893) podałem wiadomość, że substancya kitowa uważana jako jednolita, nieposiadająca struktury, posiada budowę pręcikowatą. Badając systematycznie mięsień serca wprost z trupa wzięty (czy to skrawki nożyczkami wykonane, czy z przymrożonego kawałeczka cięte, wzięte z tych części czyli warstw ściany serca, w których beleczki mięsne równolegle do siebie przebiegają skrawki zanurzone w rozczynie soli kuchennej $^1/_2\%$), można widzieć w przypadkach pewnych zmian chorobowych serca, bez użycia jakichkolwiek chemicznych wpływów lub barwików, budowę tę bardzo wyraźnie. W normalnym mięśniu leżą te wypustki protoplazmatyczne tak blizko siebie, są tak cienkie, iż nie są dostrzegalne i granice pojedynczych komórek beleczkę mięsną tworzących nie są widoczne. Skoro jednak te wypustki protoplastyczne napęcznieją, a między niemi ciecz się nagromadzi, są one dostrzegalne. To samo spotykamy w innych tkankach. W preparatach mikroskopowych z wątroby w wielu miejscach pasma komórek wątrobnych są jakby pokładem syncytialnym, granice komórek wątrobnych nie są widzialne.

W innych miejscach widać poprzecznie do osi pasm komórek wątrobnych jakoteż w grupach komórek wątrobnych pomiędzy komórkami ciemne linie, oznaczające granice komórek wątrobnych. W preparatach hematoksyliną i eozyną barwionych w niektórych miejscach linie międzykomórkowe zabarwione są eozyną ciemniej aniżeli cytoplazma komórek wątrobnych, wychodzi na jaw niejako t. zw. ektoplazma, która w rzeczywistości, jak to powyżej wspomniałem, nie istnieje, a granice komórek wątrobnych, linie międzykomórkowe jako oddzielne, próżne, zapadłe kanaliki żółciowe uważane być muszą, co na preparatach metodą van Giesona barwionych jeszcze jaśniej występuje.

Naczynia włoskowate krwionośne, śródzrazikowe są w normalnym stanie miąższu wątroby z komórkami wątrobnemi w ścisłym związku, na co już w r. 1897. (Jak i w jakiej postaci otrzymują komórki wątrobne hemoglobinę) zwróciłem uwagę, gdyż inaczej biernego dostawania się krwinek czerwonych w obręb komórek wątrobnych wytłómaczyćby sobie nie można. To samo wypowiedziałem później (1900) w pracy „O budowie naczyń włoskowatych krwionośnych i ich stosunku do komórek wątrobnych".

Digitized by Google

W 2. tomie swego Traité d' histologie pratique (1899) powiada także Renaut (str. 1445): „Chaque travée est limitée en dehors par la ligne des noyaux endotheliaux appartenant aux capillaires et la paroi de ceux-ci se moûle exactement sur la surface des travées en y faisant corps sans aucun intervalle dévelopable“ a str. 1447: „Isolées, les cellules glandulaires emportent chacûne un lambeau de la paroi protoplasmique du vaisseau sanguin“. Tak samo istnieje ścisły związek między kanalikami żółciowymi międzykomórkowymi a komórkami wątrobnemi, o czem świadczy już bezpośredni związek między kanalikami żółciowymi śródkomórkowymi a międzykomórkowymi. Ten bezpośredni, ścisły związek między komórkami wątrobnemi a naczyniami włoskowatemi krwionośnemi i kanalikami żółciowymi międzykomórkowymi jest też przyczyną, że na niektórych komórkach na powierzchni do badającego zwróconej pojawia się t. zw. ektoplazma, szlak przybrzeżny niejako zgęszczonej cytoplazmy, który niczem innem nie jest, jak cząstką ścianek ściśle z komórką wątrobną spojonych naczyń włoskowatych krwionośnych i kanalików żółciowych międzykomórkowych.

Takiż sam ścisły związek istnieje między kanalikami żółciowymi międzykomórkowymi a naczyniami włoskowatemi krwionośnemi w tych miejscach, gdzie one ze sobą się stykają i wzdłuż siebie przebiegają.

W pracy mojej „O rozczłonkowaniu zrazików wątroby“ *(Nowiny lekarskie* 1897) podniosłem z naciskiem, że fizyologiczna czynność tkanek zależy od normalnego stanu komórek, normalnego krążenia krwi i limfy, normalnego unerwienia, normalnego stanu tkanki łącznej podścieliskowej, jakoteż od wzajemnego stosunku elementów tkanki, ścisłego, organicznego związku ich pomiędzy sobą. W obrębie każdego z tych szczegółów, warunków fizyologicznej czynności tkanek, pod wpływem różnorodnych czynników działających z zewnątrz lub powstałych w organiźmie, mogą zachodzić i zachodzą zmiany i zboczenia od stanu prawidłowego, których bezpośredniem lub pośredniem następstwem jest upośledzenie zdolności czynnościowej tkanin w stopniu bardzo różnym. W rzędzie zmian chorobowych w tkankach powstających niemałą odgrywają rolę zmiany we wzajemnym stosunku i ścisłym związku organicznym elementów tkanek pomiędzy sobą, pojawiające się obok zmian różnorodnych i różnostopniowych w stanie cytoplazmy i jądra komórek, naczyń krwionośnych i limfatycznych, tkanki łącznej, nerwów.

Związek organiczny elementów tkanki może być naruszony, rozluźniony, począwszy od minimalnych stopni zaledwie mikroskopem dostrzegalnych aż do stopnia tak znacznego, iż własności fizyczne,

Digitized by Google

makroskopowe tkanki się zmieniają. W patologii znamy stany, w których naruszenie związku organicznego elementów tkanek nie jest makroskopowo widoczne i gdzie dopiero badanie mikroskopowe stwierdza istniejące naruszenie związku normalnego, n. p. fragmentacya mięśnia serca, rozczłonkowanie zrazików wątroby, oddzielanie się nabłonka w cewkach nerki i t. d.

Tak ścisły związek organiczny, niejako zlepienie, istnieje pomiędzy ściankami kanalików żółciowych międzykomórkowych a komórkami wątrobnemi, niemniej w pewnych kierunkach pomiędzy ściankami naczyń włoskowatych krwionośnych, śródzrazikowych a ściankami kanalików żółciowych, międzykomórkowych.

Rozluźnienie związku organicznego w miąższu wątroby spotyka się w stanach chorobowych, wskutek czego występują na jaw szczegóły budowy, które w normalnym stanie znajdują się poniżej granicy dostrzegalności, przyczem pomocnem jest pęcznienie niektórych części tkanek.

Szczególnie często powstaje rozluźnienie związku organicznego w przypadkach zakażenia, gdy wśród wątroby, np. w kanalikach żółciowych międzyzrazikowych, znajdują się kolonie mikrobów, których działanie i wpływ na tkankę nie ustaje z chwilą śmierci organizmu a mikroby i po śmierci organizmu czynne być mogą. W takich przypadkach oddzielają się ścianki naczyń włoskowatych krwionośnych i ścianki kanalików żółciowych międzykomórkowych od siebie, jakoteż od komórek wątrobnych i wszystkie te części miąższu wątroby występują oddzielnie. Pojedyncze komórki wątrobne i grupy tychże rozpadają się tak, iż tylko ziarniste szczątki z tychże pozostają, wtedy kanaliki żółciowe śródzrazikowe, części sieci tychże, odcinki pojedynczych kanalików żółciowych mogąbyć widoczne.

Heidenhain *(Handbuch der Physiologie von Hermann*, t. V, str. 219.) traktując kwestyę sporną, czy kanaliki żółciowe śródzrazikowe są tylko bezściennymi przewodami międzykomórkowymi, czy też mają własne ścianki, oświadcza się stanowczo za tem ostatniem i przytacza pracę Peszkego *(Beiträge zur Kenntniss des feineren Baues der Wirbelthierleber.* Dorpat 1874), któremu powiodło się z wątroby żaby, w której kanaliki żółciowe naturalną injekcyą indygosiarkanem sodu były napełnione, odcinki kanalików żółciowych jako samoistne kanaliki oddzielić, izolować, co przyjęto z pewnem niedowierzaniem i dzisiejsi histologowie twierdzą, iż kanaliki żółciowe międzykomórkowe nie mają własnych ścianek, nie tworzą samoistnej sieci.

Renaut kończy w swem Traité d'histologie pratique ustęp o kanalikach żółciowych międzykomórkowych w ten sposób: „Il faut, en

Digitized by Google

somme, clôre cette discussion comme l' a fait Ranvier, qui dit, le canalicule biliaire n' étant purement et simplement qu' une lumierè glandulaire, il n'ya pas lieu à considérer une enveloppe quelconque de ce canalicule, pas plus qu' il n' y a à chercher une enveloppe à la lumierè des acini pancréatiques ou des glandes de Brunner".

Ebner (*Kölliker Ebner, Handbuch der Gewebelehre*, t. 3.) potwierdza wprawdzie spostrzeżenie Peszkego, lecz oświadcza się w końcu za tem, iż kanaliki żółciowe międzykomórkowe nie mają własnych ścianek, nie tworzą samoistnej sieci. W warunkach wyżej przytoczonych, gdy związek organiczny elementów wątroby rozluźniony, kanaliki żółciowe międzykomórkowe rozszerzone, próżne lub żółcią napełnione, gdy komórki wątrobne częściowo się rozpadły, znajdowałem w wątrobie ludzkiej bez przyczyny jakiegokolwiekbądź sztucznego działania, w preparatach, które w możliwie najprostszy sposób były sporządzane (stwardnianie w 2% formalinie, skrawki cięte z przymrożonych kawałeczków, barwienie hematoksyliną i eozyną) w wielu miejscach otwarte, próżne kanaliki żółciowe międzykomórkowe, które stykały się bezpośrednio z naczyniami krwionośnemi włoskowatemi albo też wzdłuż nich przebiegały. Ściany kanalików żółciowych były silniej eozyną zabarwione, aniżeli cytoplazma komórek wątrobnych, a niekiedy fioletowo niebiesko. W niektórych miejscach znajdowałem odcinki sieci lub pojedynczych kanalików żółciowych zupełnie oddzielone, izolowane, jak to widać na dołączonych rycinach.

Fig. 1. Na prawo u dołu szczyt naczynia włoskowatego krwionośnego, do którego przytyka zapadły kanalik żółciowy międzykomórkowy, jako linia czerwona się przedstawiający. Górny koniec tego kanalika łączy się z otwartym, rozszerzonym, żółcią napełnionym kanalikiem żółciowym. Na lewo przebiega dalszy ciąg tego kanalika, ale próżny, otwarty, o ścianach silniej zabarwionych, aniżeli cytoplazma komórek wątrobnych. Kanalik ten otacza wolny brzeg komórki wątrobnej środkowej. Ku górze wolny przestwór tak, że górna ściana kanalika żółciowego zupełnie dla siebie istnieje. Już ten obraz świadczy o samoistności kanalików żółciowych.

Fig. 2. Grupa komórek wątrobnych: tylko w dwóch komórkach widoczne jądro. Pomiędzy komórkami wątrobnemi przebiegające otwarte, próżne kanaliki żółciowe, których ku górze bieżąca gałązka na wolnym brzegu komórek wątrobnych rozgałęzia się na obie strony. Górna ściana rozgałęziającego się kanalika leży wolna, nie przylega do niczego. Znowu dowód samoistności kanalików żółciowych.

Digitized by Google

Fig. 3. Dwie na prawo i lewo leżące grupy komórek wątrobnych, pomiędzy któremi, wskutek częściowego rozpadu wewnętrznych części komórek wątrobnych lewej grupy, powstała szczelina. Przez szczelinę tę przebiega gałązka kanalika żółciowego, próżnego, łącząca kanaliki żółciowe międzykomórkowe wśród obu grup położone.

Fig. 4. Na lewo dwie komórki wątrobne, pomiędzy niemi otwarty, próżny kanalik żółciowy. Na prawo szczątki ziarniste rozpadłych komórek wątrobnych, wśród tych szczątków odcinek sieci kanalików żółciowych w kształcie litery H. Prawe dolne ramię figury H dotyka szczytu naczynia włoskowatego krwionośnego.

Fig. 5. U góry pasma komórek wątrobnych. Poniżej odcinek otwartego, próżnego kanalika żółciowego oddzielonego od komórek wątrobnych. Jeszcze niżej oddzielone naczynie włoskowate krwionośne. Wszystkie trzy części leżą więc zupełnie rozklejone, oddzielnie.

Fig. 6. Izolowana część kanalika żółciowego, w jednej części otwartego, w drugiej, większej, zapadłego. Ta część kanalika wygląda jak włókno.

Fig. 7. U góry od brzegu pasma komórek wątrobnych oddzielone naczynie włoskowate krwionośne. Pomiędzy dolnym brzegiem naczynia włoskowatego krwionośnego a brzegiem pasma komórek wątrobnych zapadły, po lewej stronie oddzielony, w kształcie włókna kanalik żółciowy, na prawo i ku dołowi przylegający do brzegu komórek wątrobnych.

Fig. 8. W środku szeregu komórek wątrobnych podkowiasto ułożonych, leży oddzielone od brzegu komórek wątrobnych naczynie krwionośne włoskowate o trzech soczystych komórkach ściennych. Ku dołowi pomiędzy ścianą naczynia włoskowatego krwionośnego a brzegiem pasma komórek wątrobnych kanalik żółciowy nakształt włókna.

Kanaliki żółciowe przebiegające w pewnych kierunkach wzdłuż naczyń włoskowatych krwionośnych mogą, gdy są próżne, zapadłe, wyglądać jako włókna. Wejrzenie to może być powodem, że ściana naczynia włoskowatego wygląda jakby złożona była z dwóch warstw (porównaj pracę moją: O śródnaczyniowych komórkach w naczyniach włoskowatych krwionośnych zrazika wątroby. Rozpr. Wydz. mat.-przyr. t. 37., Gazeta lekarska 1900, Arch. f. mikr. Anatomie t. 55.), gdy w rzeczywistości tworzy ją jedna, jedyna warstwa komórek ściennych. (O budowie naczyń włoskowatych krwionośnych i ich stosunku do komórek wątrobnych). Zewnętrzną niejako warstwę ściany naczynia włoskowatego krwionośnego w zraziku wątroby naśladować więc mogą

Digitized by Google

tak próżne, zapadłe kanaliki żółciowe, przebiegające wzdłuż naczyń krwionośnych w pewnych kierunkach, jakoteż włókna, pasma wnikające od tkanki międzyzrazikowej w obręb zrazika wątroby.

Ściany kanalików żółciowych międzykomórkowych są, o ile dotychczasowe badania moje wskazują, jednolite, bezpostaciowe, a raczej nie mają one charakterystycznej struktury. Powstawanie ich i rozwój trzeba studyować na materyale embryologicznym. Jakkolwiek wynik co do pochodzenia ścianek kanalików żółciowych międzykomórkowych wykaże późniejsze badanie, samoistność kanalików nie może doznać ujmy, gdyż kanaliki żółciowe międzykomórkowe wśród zrazika tworzą odrębną siatkę, łączącą się z kanalikami żółciowemi międzyzrazikowymi.

Mimowoli nasuwa się pytanie, jaką budowę posiadają kanaliki żółciowe wyścielone nabłonkiem, które już w obwodowej części zrazika wątroby spotykamy, jakoteż kanaliki żółciowe międzyzrazikowe, w jakim stosunku ściany ich znajdują się do ścian kanalików żółciowych międzykomórkowych. Nie doszedłem w tej mierze jeszcze do pewnych wyników, temat ten poruszę więc dopiero w późniejszej pracy.

Obrazy te przez naturę samą odsłonięte tworzą dowód niewątpliwy istnienia samoistnych kanalików żółciowych międzykomórkowych, mających własne ścianki. Obrazy te potwierdzają wnioski, które wysnułem na podstawie odmiennego barwienia się pasemek między komórkami wątrobnemi a barwienia się cytoplazmy komórek wątrobnych, niemniej na tej podstawie, że komórki wątrobne, które w stanach chorobowych wątroby często zupełnie się oddzielają, rozklejają, są izolowane i nie okazują wtedy śladu t. zw. ektoplazmy, co też podałem w styczniu b. r. w pracy „O budowie kanalików żółciowych międzykomórkowych i ich stosunku do naczyń włoskowatych krwionośnych".

Wykazałem więc w dwojaki sposób odrębność, samoistność sieci kanalików żółciowych.

Obrazy te rozstrzygają długoletni spór o istnienie własnych ścianek kanalików żółciowych międzykomórkowych.

Natura sama odsłoniła te obrazy, uczyniła to delikatniejszą ręką i metodą, aniżeli nasze w histologii używane metody.

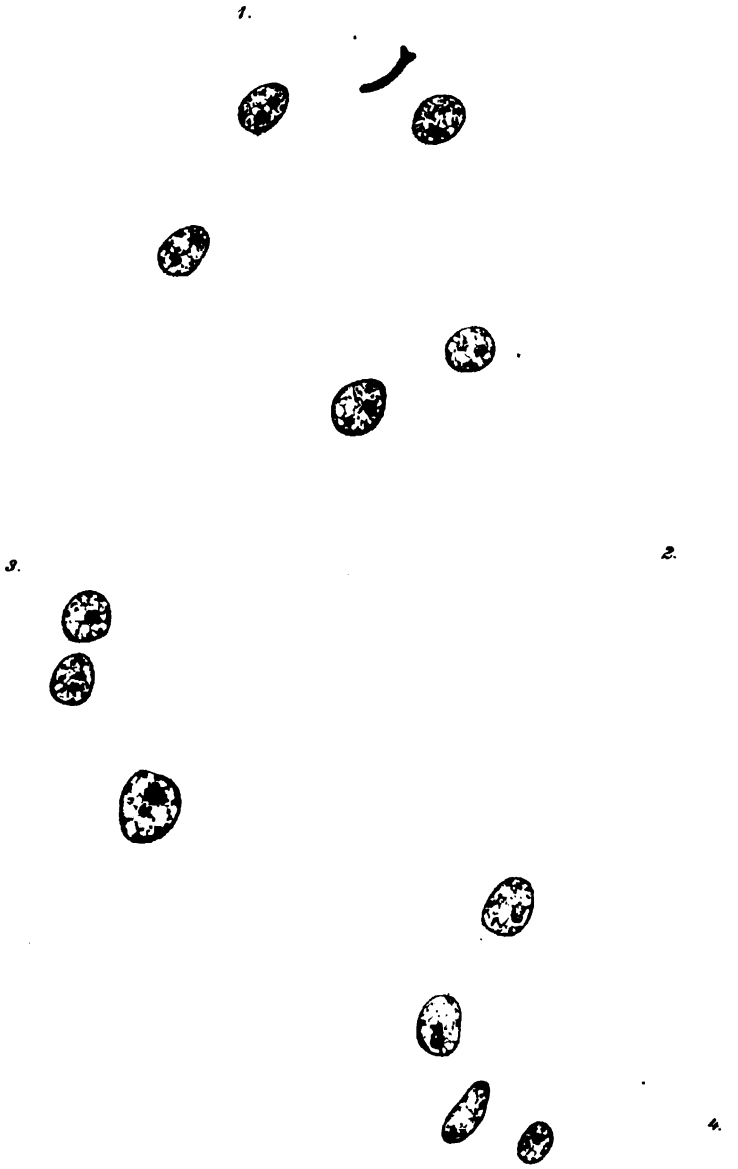
Szczegóły na patologicznym materyale uzyskane co do budowy, struktury substancyi kitowej w mięśniu serca, co do niektórych szczegółów budowy komórki wątrobnej, co do funkcyi wydzielniczej jądra komórki wątrobnej, budowy naczyń włoskowatych krwionośnych i kanalików żółciowych międzykomórkowych, jako też co do ich stosunku do komórek wątrobnych i do siebie, co do niemożliwości

Digitized by Google

istnienia przestworów limfatycznych okołonaczyniowych, a nawet nieistnienia naczyń limfatycznych wśród zrazika wątroby, które w szeregu prac wykazałem, wskazują, iż obok zwykłych, powszechnie używanych metod, które histologia używa do badania struktury komórek i tkanek, wciągnąć należy koniecznie badanie odpowiedniego materyału patologicznego. Wtedy bowiem niejeden szczegół budowy i funkcyi komórek lub tkanek wyjaśni się i odsłoni, który, jakkolwiek istnieje w rzeczywistości, z powodu niedokładności i niepewności zwykłych metod badania jest dotąd w stanie fizyologicznym tkanek niedostrzegalny.

Digitized by Google

Digitized by Google

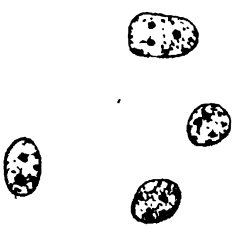


T. Browicz.

Digitized by Google

5.

6.



7.

8.

Lyt. K. Kranikowski Kraków.

Digitized by Google

Digitized by Google

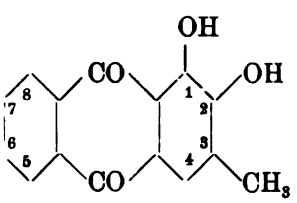
O homologach alizaryny, hystazaryny i chinizaryny.

Przez

Stefana Niementowskiego.

Wniesiono na posiedzeniu Wydz. mat.-przyr. d. 7. maja 1900. r.

Wśród barwików organicznych zaledwie parę ciał dorównywa pod względem praktycznej doniosłości i wpływu, który wywarły na rozwój chemii, alizarynie, występującej jako glukozyd, w postaci kwasu ruberytrynowego, w korzeniu marzanny barwierskiej *(Rubia tinctorum L.)*, — a jednak pomimo olbrzymiego postępu badań chemicznych w ostatnich trzydziestu latach, jest w literaturze mało prac o blizkich, w pierścieniu alfylowanych pochodnych alizaryny. Z pomiędzy sześciu, teoretycznie możliwych metylalizaryn wykazują podręcznik Beilstein'a lub lexykon związków węglowych Rychtera tylko jedną, otrzymaną w r. 1875 przez Otto Fischer'a [1]), której strukturę



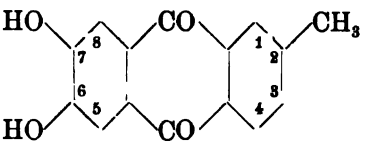
określili w r. 1880 A. Baeyer i G. Fraude [2]). Dlatego chętnie skorzystałem z materyału pozostałego w mojej pracowni ze studyów nad

[1]) Otto Fischer: Ber. d. d. chem. Ges. 8. 676.

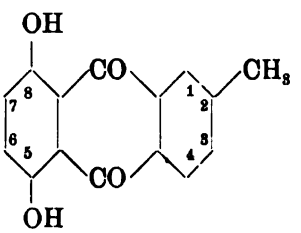
[2]) Adolf Baeyer i Georg Fraude: Ann. d. Chem. 202. 166.

Digitized by Google

kwasem a-metyl-o-ftalowym, przerabiając syntetycznie jego bezwodnik na nową metylalizarynę. Pomyślny wynik wstępnych doświadczeń zachęcił mię nawet do rozszerzenia badań na inne dioxymetylantrachinony, a przedewszystkiem na metylhystazarynę



tworzącą się obok metylalizaryny w kondensacyi bezwodnika a-metyl-o-ftalowego z pyrokatechiną i na metylchinizarynę,



wytwór tego samego bezwodnika i hydrochinonu; w tym ostatnim kierunku głównie ze względu na możliwość blizkiego pokrewieństwa tej istoty z występującym w naturze kwasem chryzofanowym.

Zaraz na wstępie muszę zaznaczyć, że skoro rozporządzałem tylko małą ilością pierwotnego materyału, bo zaledwie 25 g. bezwodnika a-metyl-o-ftalowego, zbadałem bardzo pobieżnie metylalizarynę, najbardziej zajmującą z wykrytych dioxymetylantrachinonów, gdyż jej wydatek jest najmniejszy; zaś wytworzenie większych mas bezwodnika a-metyl-o-ftalowego jest żmudne, ze względu na długi szereg działań, w których się doń dochodzi [1]), jest to praca wymagająca dłuższego czasu i znacznych kosztów.

W doświadczalnem przeprowadzeniu kondensacyi metylantrachinondiolowych poszedłem szlakiem prac Baeyera i Caro [2]) nad alizaryną, Liebermanna i Schöllera [3]) nad hystazaryną, F. Grimma [4]) nad chini-

[1]) Stefan Niementowski: Rozpr. Wydz. mat.-przyr. Akad. Umiej. 22. 315. Monatshefte f. Chemie 12. 620.

[2]) Adolf Baeyer u. Heinrich Caro: Ber. d. Deutsch. chem. Gesel. 7. 972.

[3]) C. Liebermann: Ber. d. Deutsch. chem. Gesel. 21. 2501. August Schoeller, tamże 21, 2503. 22, 683.

[4]) F. Grimm: tamże 6, 506.

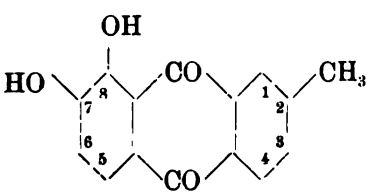
Digitized by Google

zaryną i Nietzkiego [1]) nad metyl-chinizaryną; otrzymywałem zatem nowe metylantrachinondiole przez kondensowanie bezwodnika a-metyl-o-ftalowego z pyrokatechiną, względnie z hydrochinonem wobec zgęszczonego kwasu siarkowego. Jakkolwiek w tych przypadkach tworzą się także czarne, bezpostaciowe produkty uboczne, pozornie zwęglone masy, to jednak nie zastosowałem tu sposobu kondensacyi, podanego przez Łagodzińskiego [2]), — którego wyniki, sądząc z podań autora, może byłyby korzystniejsze — a to raz dla tej przyczyny, że znaczna część materyału poniżej opisanego była opracowana jeszcze przed ukazaniem się w druku prac Łagodzińskiego, bo w roku 1894., powtóre nie chciałem później małą ilością bezwodnika a-metyl-o-ftalowego robić doświadczeń w nowy a dość zawiły i uciążliwy sposób kondensowania, z obawy stracenia kosztownego surowca.

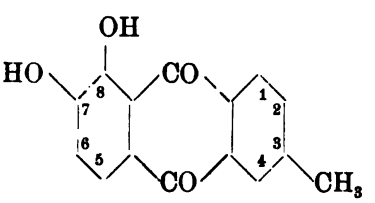
Pyrokatechina i bezwodnik a-metyl-o-ftalowy.

Kondensacya pyrokatechiny z bezwodnikiem a-metyl-o-ftalowym dać może trzy różne metylantrachinondiole, a to:

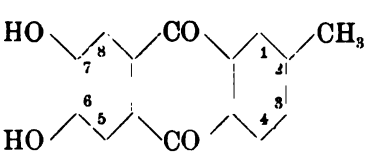
I.



II.



III.



dwie metylalizaryny i izomer trzeci, który jest homologiem hystazaryny. Z rozpuszczalnej w organicznych rozczynnikach części wytworu kondensacyi wydzieliłem jedną, w benzolu łatwo rozpuszczalną, odpowiadającą alizarynie we wszystkich własnościach i drugą, nadzwyczaj trudno w benzolu, a nieco łatwiej rozpuszczalną w wyskoku,

[1]) R. Nietzki: Ber. d. Deutsch. chem. Gesel. 10, 2011.
[2]) K. Łagodziński: tamże 28, 116 i 1428.

Digitized by Google

która jest znów zupełnym analogiem hystazaryny. Czy część w benzolu łatwo rozpuszczalna jest ciałem jednolitem, metylalizaryną wzorów I lub II? czy też jest ona mieszaniną tych obydwu izomerów? pozostaje na razie kwestyą nierozstrzygniętą; miałem dotąd w ręku zaledwie 1 g. tej istoty, była to ilość niewystarczająca do rozwiązania powyższego zagadnienia.

Do kondensacyi bierze się równe części ciężarowe pyrokatechiny i bezwodnika a-metyl-o-ftalowego (z jednakim skutkiem można użyć kwasu a-metyl-o-ftalowego) i ogrzewa z 8—10 częściami zgęszczonego kwasu siarkowego przez dwie godziny, zrazu w 165°, potem powoli wznosząc ciepłotę aż do 185°. Ostygły wytwór działania wlewa się w wodę, przez co wydzielają się ciemno-zielonawe, gęste, kłaczkowate masy, które na filtrze wodą się przemywa i suszy. Są one surowym wytworem kondensacyi, zawierającym izomerne dioxymetylantrachinony obok jakiegoś bezpostaciowego, pozornie zwęglonego produktu. W ich filtracie zawarte są jeszcze w regule znaczne masy pyrokatechiny i bezwodnika metylftalowego, ciecze te należy więc wyparować nad wolnym płomieniem w misce, aż do tych granic koncentracyi, w których się obficie wydzielać zaczyna bezwodnik siarkawy, potem przenosi się je do kolbki i znów kilka godzin ogrzewa w granicy 170—185°. Przez to otrzymuje się dalszą partyę surowego wytworu kondensacyi. Postępowanie to powtórzyć należy zależnie od okoliczności po raz trzeci i czwarty, a to w celu doskonałego wyzyskania materyałów, podniesienia wydajności.

Surowe, należycie osuszone wytwory kondensacyi, wytrawia się w ekstraktorze benzolem, a potem wyskokiem, lub też najpierw wyskokiem. Jeżeli się wytrawia najpierw wyskokiem, to w rozczyn przeprowadzamy zarówno metylalizarynę jak i metylhystazarynę, a nierozpuszczone pozostają masy czarne; w tym przypadku należy wyciąg wyskokowy do sucha wyparować i dopiero z pozostałości wyciągać benzolem metylalizarynę. Prędzej dochodzi się do celu, wytrawiając surowy wytwór kondensacyi benzolem tak długo, dopokąd przechodzi w rozczyn materya czerwonawa; skoro już łatwiej rozpuszczalne części przeszły w benzolowy rozczyn, a zabarwienie pozostałości wyparowanych próbek rozczynu benzolowego staje się czysto żółte, zmienia się rozczynnik w ekstraktorze, benzol zastępuje się wyskokiem. W wyskoku rozpuszcza się drugi i to główny wytwór kondensacyi, metylhystazaryna. Wreszcie pozostaje w ekstraktorze czarna, w wyskoku i innych rozczynnikach nierozpuszczalna masa.

Przy opisanym sposobie kondensowania i rozdzielania wytworów, stosunki wydajności są nie najgorsze; w jednem doświadczeniu otrzy-

Digitized by Google

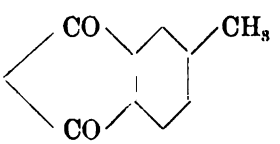
małem z 17 g. mieszaniny równych części pyrokatechiny i bezwodnika a-metyl-o-ftalowego 0·5 g. metylalizaryny i 3·2 g. metylhystazaryny, w drugiem z 13 g. mieszaniny 0·72 g. czystej metylalizaryny i 2 g. metylhystazaryny; a więc 20 do 30% wagi użytych surowców odzyskuje się w postaci czystych dioxymetylantrachinonów.

2-Metyl-(heteronuclear) alizaryna.

Zaznaczyłem już w poprzednim ustępie, że sprawa struktury niżej rozebranego związku nie jest stanowczo rozstrzygnięta. Sądząc z ostrego punktu topienia się jest ta istota prawdopodobnie czystym jednotnikiem chemicznym.

Metylalizaryna oczyszcza się przez krystalizowanie z małych ilości wrzącego benzolu, pozostaje wówczas nieco metylhystazaryny, pochodzącej z niedostatecznego rozdzielenia w ciągu ekstrakcyi benzolem. Także przez przestalenie można ją otrzymać w stanie chemicznie czystym, postępowanie to jest jednak połączone ze znaczniejszą stratą materyału.

0·149 g. istoty osuszonej na powietrzu dały 0·3831 g. bezwodnika węglowego i 0·0524 g. wody.

		Oblicza się:	Znaleziono:
na	$(OH)_2 . C_6 H_2$ 		
C_{15}	180	70·86%	70·01%
H_{10}	10	3·93 „	3·91 „
O_4	64	25·19 „	— „
	254	99·98%	

Metylalizaryna rozpuszcza się łatwo, szczególniej na gorąco, w lodowym occie, w wyskoku, acetonie, octanie etylowym i chloroformie, trudniej w benzolu i w zwykłym eterze, bardzo trudno, tylko w śladach rozpuszcza się w ligroinie; podobnie bardzo trudno rozpuszcza się w wrzącej wodzie, krystalizuje się w igłach pomarańczowo-czerwonych, zwykle ugrupowanych promienisto w wiązki; szczególniej pięknie krystalizuje się z eteru octowego lub z kwasu octowego. Daje się łatwo przestalić. Topnieje w 216°.

Digitized by Google

Wodny amoniakalny rozczyn metylalizaryny jest wiśniowy; identyczny jest odcień barwy takiego samego rozczynu alizaryny; w widmie absorbcyjnem obydwu rozczynów w małym aparacie *Browning'a à vision directe* nie mogłem dostrzedz żadnych różnic.

Słabo wysycony, wyskokowy rozczyn metylalizaryny jest bladożółty; kropla wodnika potasowego zmienia barwę w popielatawo-bławatną, z ledwie dostrzegalnym odcieniem fioletowym. Rozczyn ten w widmie światła słonecznego okazuje bardzo charakterystyczną absorbcyę, odpowiadającą ściśle absorbcyi takiego samego rozczynu alizaryny. Prążki chłonienia metylalizaryny wydały mi się nieco przesunięte ku fioletowej części widma w stosunku do odpowiednich prążków alizaryny, jednak wobec nieznacznej rozciągłości widma w moim aparacie sprawy tej stanowczo stwierdzić nie mogłem.

Rozczyny metylalizaryny w zgęszczonym kwasie siarkowym są krwisto-czerwone, skoro zawierają trochę więcej barwika; w stanie mniej wysyconym są wiśniowe. Prążek chłonienia tego rozczynu leży między liniami *bF*, w porównaniu z podobnym prążkiem alizaryny mniej ostro od tła się odcina, a maximum absorbcyi dla metylopochodnego jest przesunięte nieco ku czerwonej części widma.

W rozwodnionym kwasie solnym metylalizaryna jest praktycznie nierozpuszczalna; zagotowana z rozwodnionym kwasem azotowym rozpuszcza się w nim z widoczną żywą reakcyą, znamionującą się wydzielaniem się gazów, a więc niewątpliwie ulega utleniającemu działaniu kwasu azotowego. W ługach alkalicznych daje rozczyny fioletowe.

Z amoniakalnego lub z alkalicznych rozczynów metylalizaryny strącają chlorki: barowy i wapniowy — osady fioletowych, w wodzie nierozpuszczalnych laków.

Pod względem farbierskim jest metylalizaryna, o ile rzecz tę zbadać mogłem na minimalnych ilościach rozporządzalnego materyału, zupełnie podobną do używanej w praktyce alizaryny.

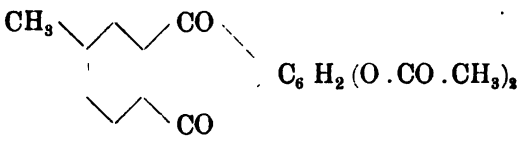
Diacetylmetylalizaryna.

Przez półgodzinne gotowanie metylalizaryny z bezwodnikiem octowym i bezwodnym octanem sodowym, wlanie wytworu w wodę i przekrystalizowanie skrzepłych, a wodą dokładnie przemytych mas z wyskoku, otrzymałem dwuacetat, składu $CH_3 . C_6 H_3 : (CO)_2 : C_6 H_2 : : (O . CO CH_3)_2$.

0·1649 g. istoty osuszonej na powietrzu dały 0·0618 g. wody i 0·4058 g. bezwodnika węglowego.

Digitized by Google

Oblicza się: Znaleziono:

na  $C_6H_2(O.CO.CH_3)_2$

C_{19}	228	67·45%	67·11%
H_{14}	14	4·14 „	4·16 „
O_6	96	28·40 „	— „
	338	99·99%	

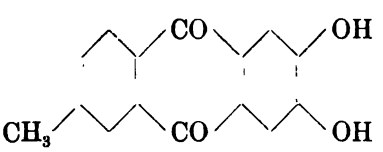
Związek ten tworzy osełkowate, w gwiazdki pozrastałe, jasnożółte igiełki. W gorącym wyskoku łatwo się rozpuszcza, w czem się charakterystycznie różni od diacetylmetylhystazaryny. W rurce włoskowatej ogrzany zaczyna mięknąć w 170°, lecz topnieje zupełnie dopiero w 176°; znacznie ostrzejszy punkt topienia się w 176° zauważyć można przy powtórnem ogrzaniu tej samej próbki.

2-Metylhystazaryna (6, 7).

Do rozbioru oczyściłem surową metylhystazarynę przez rozpuszczenie w wyskoku i zadawanie tego rozczynu gorącą wodą aż do chwili wyraźnego zmącenia się cieczy.

0·2114 g. istoty osuszonej na powietrzu dały 0·5493 g. bezwodnika węglowego i 0·077 g. wody.

Oblicza się: Znaleziono:

na 

C_{15}	180	70·86%	70·86%
H_{10}	10	3·93 „	4·03 „
O_4	64	25·19 „	— „
	254	100·00%	

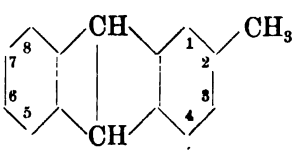
Metylhystazaryna krystalizuje się z wyskoku w mikroskopowych igiełkach, z lodowego octu w zbitych żółtych nerkach i kuleczkach; nie ma wyraźnego punktu topienia, lecz w granicy od 320 do 340° stopniowo zupełnie czernieje i z rozkładem topnieje. W wodzie nie

Digitized by Google

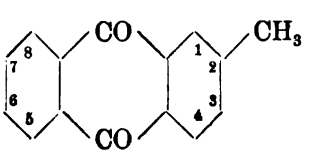
rozpuszcza się, w organicznych rozczynnikach jest wogóle bardzo trudno rozpuszczalna, względnie najlepiej (lecz i to tylko bardzo trudno) rozpuszcza się w wyskoku i lodowym occie Jej żółtawy roczyn w wyskoku zmienia się za dodaniem kropli wodnika potasowego w zielono-niebieski; widmo chłonienia składa się z dwóch wyraźnych prążków na *D* i *C* i z przyćmienia fioletowej części widma. Położenie tych prążków jest prawie to samo jak prążków hystazarynowych, mimo że barwa rozczynu hystazarynowego jest blado-bławatna, podczas gdy rozczyn metylhystazarynowy ma wyraźny odcień zielono-niebieski.

Metylhystazaryna rozpuszcza się w amoniaku z zabarwieniem fioletowem, w wodniku sodowym z zielono-niebieskiem, a w zgęszczonym kwasie siarkowym z wiśniowo-czerwonem.

Ażeby się przekonać o pochodzeniu metylhystazaryny od 2-metylantracenu przedestylowałem w strumieniu wodu 0·7 g. metylhystazaryny zmieszanej z pyłem cynkowym z rury z trudno topliwego szkła wypełnionej warstwą 15 cm. długą pyłu cynkowego. Otrzymałem 0·35 g. węglowodoru, topniejącego w stanie surowym około 195°, a po przekrystalizowaniu z wyskoku, w którym związek bardzo trudno się rozpuszcza, lecz wydziela się zeń w bardzo pięknych połyskujących blaszkach, w 202° C. Związek ten miał własności podane w literaturze o 2-metylantracenie.



Ług wyskokowy, pozostały z krystalizowania węglowodoru utleniłem podług przepisu O. Fischer'a [1]) kwasem azotowym o c. g. 1·4. W ciepłocie kąpieli wodnej zaszła gwałtowna reakcya, której wytworem była żółta smoła; tę wodą wymyłem, osuszyłem na bibule i kilkakroć przestaliłem, przez co punkt topienia sublimatu podniósł i ustalił się w 166°. Ten punkt topliwości zgadza się w przybliżeniu z podanym przez O. Fischera dla 2-metylantrachinonu



[1]) O. Fischer: Ber. VIII. 675.

Digitized by Google

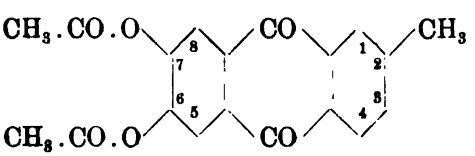
który znalazł 162—163°, lecz jest niższy od podanego przez Perkin'a i Cope'a [1]), którzy zauważyli go w 177°; co prawda badacze ci podają, że ich produkt surowy nawet po kilkakrotnem krystalizowaniu się topniał od 160—170°, a ślady zanieczyszczeń dały się dopiero usunąć *„by adding a trace of chromic acid to a solution of the substance in boiling acetic acid"*.

Doświadczeniami temi stwierdzoną jest także pośrednio przynależność poprzednio opisanej metylalizaryny do szeregu pochodnych 2-metylantracenu.

Diacetylmetylhystazaryna.

Istotę tę otrzymałem tak samo, jak podobny pochodny metylalizaryny; oczyściłem ją przez przekrystalizowanie z wyskoku, z którego w miarę ostygania rozczynu wydziela się w rozgałęzionych słomkowo-żółtych igłach. Topnieje w 208° C.; rozpuszcza się w wyskoku, acetonie, lodowym occie, eterze octowym i t. p.

0·1633 g. istoty osuszonej na powietrzu, dały 0·4063 g. bezwodnika węglowego i 0·0627 g. wody.

	Oblicza się:		Znaleziono:
na 			
C_{19}	228	67·45%	67·85%
H_{14}	14	4·14 „	4·26 „
O_6	96	28·40 „	— „
	338	99·99%	

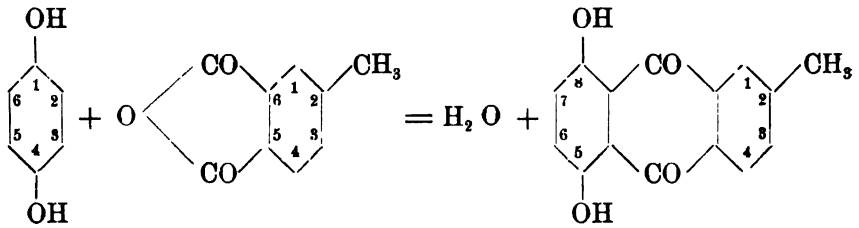
Hydrochinon i bezwodnik a-metyl-o-ftalowy.

2-Metylchinizaryna (5, 8).

Jedynym wytworem kondensacyi antrachinonowej hydrochinonu i bezwodnika lub kwasu a-metyl-o-ftalowego jest podług równania

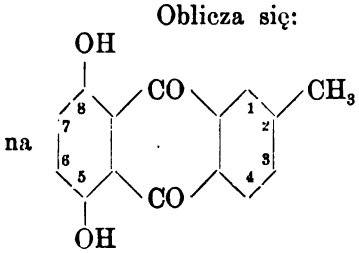
[1]) A. G. Perkin and F. Cope: Soc. 65, 843.

Digitized by Google



metylchinizaryna. W najkorzystniejszym wydatku otrzymuje się ją przez pięcio- do dziesięciogodzinne ogrzewanie równodrobinowych ilości powyższych surowców z sześciokrotną wagą zgęszczonego kwasu siarkowego, w ciepłocie zwolna się wznoszącej od 140—160° C. Poza temperaturę kąpieli 165° przejść nie można, z powodu bardzo silnego wówczas zwęglania się reagujących mas. Wytwór działania po ostygnięciu wlewa się w wodę, wydzielony przez to ciemny kłaczkowaty osad [1]) przemywa się wodą, suszy i wytrawia gorącym benzolem. Ponieważ metylchinizaryna rozpuszcza się bardzo łatwo w benzolu, a w wyskoku bardzo trudno, przeto najlepiej jest krystalizować ją przez dodanie odpowiedniej ilości gorącego wyskoku do gorącego roztworu benzolowego. Wydziela się wtedy w miarę ostygania roztworu metylchinizaryna skrystalizowana w złotawo połyskujące, pomarańczowe, blaszki. Rozpuszczona w wielkich ilościach wrzącego wyskoku, krystalizuje się w rubinowo-czerwonych, grubych igłach. Ogrzana w rurce topnieje około 165°; raz stopiona, potem zakrzepła istota topnieje znacznie wyżej przy ponownem ogrzaniu, około 175°. Tak samo, ostro w 175° topnieje preparat oczyszczony przez przestalenie.

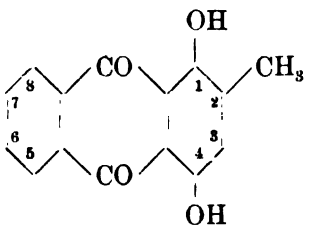
0·139 g. istoty osuszonej w eksykatorze dały 0·3605 g. bezwodnika węglowego i 0·05 g. wody.

	Oblicza się: na 		Znaleziono:
C_{15}	180	70·86%	70·72%
H_{10}	10	3·93 „	4·00 „
O_4	64	25·19 „	— „
	254	99·98%	

[1]) Kwaśne, wodne przesącze można wyparować do małej objętości i przerobić na drugi względnie dalsze produkty przez kondensowanie w ciepłocie około 160°.

Digitized by Google

2-Metylchinizaryna rozpuszcza się w eterze i wyskoku, znacznie łatwiej w lodowym occie, acetonie i benzolu. W ługu sodowym jest mało rozpuszczalna z barwą czerwonawo-fioletową. W zgęszczonym kwasie siarkowym rozpuszcza się z barwą różową, a rozczyn okazuje w aparacie widmowym dwa prążki chłonienia, pozornie podobne do prążków chinizaryny i metylchinizaryny Nietzkiego, izomernej z moją, zawierającej grupy hydroxylowe i metylową w tym samym pierścieniu



Przy bezpośredniem porównaniu widm okazało się, że prążki mojej metylchinizaryny są w stosunku do prążków istoty Nietzkiego znacznie przesunięte ku czerwonej części widma (Ryc.), jakoż i barwa rozczynu mojego preparatu ma odcień wiśniowy, zaś związku Nietzkiego wyraźnie żółto-czerwony.

Rozpatrując przy tej sposobności także widmo chinizaryny $C_{14} H_8 O_4$, zauważyłem, że ciemniejszy prążek w pobliżu linii *D* rozpada przy stopniowem rozcieńczaniu rozczynu w zgęszczonym kwasie siarkowym na dwa odrębne, ostro rozgraniczone, wązkie prążki. W sprawie tej zastanawia, że poprzedni badacze widm chinizaryny nic podobnego nie spostrzegli; nie ma o tem żadnej wzmianki ani w nowszej publikacyi dotyczącej widm oksyantrachinonów Liebermanna i Kostaneckiego [1]), ani w pracach dawniejszych Nietzkiego [2]), a szczególniej Grimma [3]), który podaje wyniki spektralnych spostrzeżeń Kundta. Jeżeli fakt przeze mnie zauważony na chinizarynie raz z benzolu krystalizowanej sprawdzi się w dokładniejszym aparacie widmowym co do rozczynów istoty starannie oczyszczonej, to zyskamy przykład wielce znamienny wpływu obecności grupy metylowej w drobinie związku na rodzaj widma chłonienia; albowiem ciemniejszy prążek w okolicy

[1]) C. Liebermann und St. von Kostanecki: Ber. 19, 2327.

[2]) R. Nietzki: Tamże 10, 2013, w ustępie o podobieństwie wzajemnem chinizaryny i metylchinizaryny mówi: „Im Übrigen zeigen beide Körper viel Uebereinstimmung. Ihre Lösungen in Alkalilauge, sowie in conc. Schwefelsäure zeigen genau dieselbe Färbung, auch in den Absorbtionsspektren desselben vermochte ich keinen Unterschied wahrzunehmen".

[3]) F. Grimm: Ber. 6, 506.

Digitized by Google

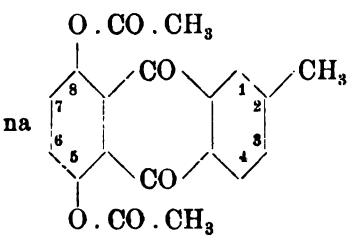
linii *D* w widmie mojej metylchinizaryny jest jednolity (w rozcieńczaniu rozczynu stopniowo i równomiernie blednie, a wreszcie znika, bez uprzedniego rozpadnięcia na dwa węższe prążki), a maximum zaciemnienia jego pola przypada w przybliżeniu w pośrodku prążków chinizarynowych.

Diacetylmetylchinizaryna.

Istotę tę wytworzyłem w zwykły sposób przez zagotowanie metylchinizaryny, bezwodnika octowego i octanu sodowego aż do chwili zniknięcia pierwotnej czerwonej barwy rozczynu, a pojawienia się barwy jasno-żółtej. Produkt surowy oczyściłem przez przekrystalizowanie z wyskoku.

I. 0·156 g. istoty osuszonej w eksykatorze dały 0·384 g. bezwodnika węglowego i 0·0585 g. wody.

II. 0·1439 g. tej samej istoty dały 0·3536 g. bezwodnika węglowego i 0·0542 g. wody.



	Oblicza się:		Znaleziono:	
na			I.	II.
C_{19}	228	67·45%	67·13%	67·02%
H_{14}	14	4·14 „	4·16 „	4·18 „
O_6	96	28·40 „	— „	— „
	338	99·99%		

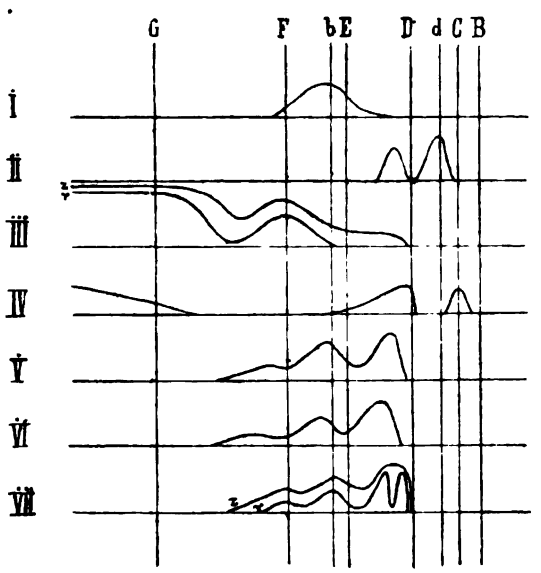
Diacetylmetylchinizaryna krystalizuje się w żółtych, wydłużonych, skośnie ściętych płytkach. Topnieje w 204°. W gorącym wyskoku rozpuszcza się znacznie łatwiej od macierzystego dwuoxymetylantrachinonu; rozpuszcza się łatwo w benzolu, a krystalizuje się zeń w zbitych kryształkach.

Dla lepszego scharakteryzowania 2-metylchinizaryny, jak i jej obydwu poprzód opisanych izomerów, starałem się wytworzyć z nich pochodne benzoylowe, a to przez gotowanie dioxymetylantrachinonów z chlorkiem benzoylowym lub sposobem Baumanna i Schottena; jednak

Digitized by Google

produkty tak otrzymane, dawały w spaleniach małe zawartości węgla, a ponieważ brak było innych kryteryów, z którychby można wnosić o ich jednolitości, — przeto nie podaję opisu tych istot.

Z laboratoryum chemii ogólnej Szkoły politechnicznej we Lwowie.



Objaśnienia ryciny.

I. 2-Metylalizaryna w kwasie siarkowym.
II. 2-Metylalizaryna w ługu sodowym.
III. 2-Metylhystazaryna w kwasie siarkowym: *s* roztwór zgęszczony, *r* roztwór rozcieńczony.
IV. 2-Metylhystazaryna w wyskoku i ługu potasowym.
V. 2-Metylchinizaryna w kwasie siarkowym.
VI. Metylchinizaryna Nietzki'ego w kwasie siarkowym.
VII. Chinizaryna w kwasie siarkowym: *s* roztwór zgęszczony, *r* roztwór rozcieńczony.

Digitized by Google

O stosunkach temperatury głębokich jezior tatrzańskich w różnych głębokościach i różnych porach roku.

PRZEZ

LUDWIKA BIRKENMAJERA.

(Z 16 rycinami w tekście).

Rzecz nagrodzona przez Akademię Umiejętności w Krakowie na konkursie imienia Mikołaja Kopernika w roku 1894.

WSTĘP.

„Et disposuit omnia secundum mensuram, pondus et numerum".
(Lib. Sap. XI, 22).

Przedstawiając niniejszą pracę Akademii Umiejętności, należy mi zaraz na wstępie wypowiedzieć, w jaki sposób pojąłem intencyą przedłożonego tematu. Brzmienie tematu pozostawiało pod tym względem pewną swobodę jego rozumienia. Wiedząc, że w meteorologii, geografii fizycznej i t. d., zarówno skrzętny zbieracz obserwacyi służy nauce, jak i drugi, który zebrane dostrzeżenia stara się ująć w związek przyczynowy, mogłem był — przed laty czterema — nakreślić sobie plan ciaśniejszy lub obszerniejszy przyszłych swych prac pod tym względem. Można było całą swą usilność poświęcić jedynie zebraniu jak najobfitszego materyału obserwacyjnego, z którego ktoś inny mógłby następnie wyciągać wnioski i wysnuwać *prawa,* rządzące odpowiedniemi zjawiskami przyrody, można zaś było pokusić się o jedno i drugie, a to chociażby nawet ze świadomością, że się przedmiotu nie zdoła wyczerpać. Idąc w ślad za nielicznymi zresztą poprzednikami, którzy z termometrem w ręku zwiedzali Tatry, a w szczególności bardzo liczne ich źródła i jeziora, można było rozstrzelić swą uwagę na wszystkie, żadnego nieco większego nie pomijać, ażeby choć jedną lub dwie do-

Digitized by Google

rywcze liczby obserwacyjne dla niego pozyskać; można też było uwagę swą skoncentrować na jedno lub kilka z nich tylko, uważnem i wielostronnem badaniem podpatrywać zjawiska kaloryczne tam występujące, wyrozumieć mechanikę termiczną chociażby jednego z nich, aby następnie — kierując się poznaniem tutaj zdobytem i analogią — z materyału nawet znacznie szczuplejszego rozpoznać podobne zjawiska, występujące w pozostałych jeziorach. Zdecydowałem się na ostatnie, a to w przekonaniu, że pozyskując dla każdego ze stu blizko jezior tatrzańskich chociażby nawet po dwadzieścia dat termometrycznych, nie poznam żadnego pod względem hydrotermicznym, a stos liczb mozolnie otrzymanych będzie stosem, ale niczem więcej. Wstąpiwszy raz na tę drogę przekonałem się już wkrótce, że zjawiska hydrotermiczne naszych jezior są bardzo zawikłane i że sprowadzenie ich do pewnych norm ilościowych wymaga wciągnięcia w zakres badania kilku innych czynników przyrody, w pierwszym zaś rzędzie uwzględniania wpływów czysto meteorologicznych, których znajomość co do Tatr wogóle jeszcze bardzo jest niedokładna. Już samo rozpoznanie zmian ciepłoty, zachodzących na powierzchni pewnego jeziora nastręczało trudności, których zrazu uprzątnąć nie umiałem. Anormalnie wielkie lub małe ciepłoty, jakie dla jednego i tego samego jeziora pod tą samą datą kalendarzową w różnych latach znajdowano, wskazywały wyraźnie, że ujęcie tych objawów w karby ilościowe nie da się uskutecznić bez liczenia się z termiczną indywidualnością każdego roku osobno, dla którego istnieje jeden czy więcej pomiarów temperatury jeziora. To nakazywało mi wciągnąć w zakres swych zajęć także właściwe obserwacye meteorologiczne, a przedewszystkiem nagromadzić chociażby skromny zapas temperatur powietrza dla górskich okolic, leżących w najbliższem sąsiedztwie jeziora. Potrzeba było znaleźć czas, aby i na pozostałe czynniki meteorologiczne: opady, zachmurzenie, ciśnienie powietrza i t. d. zwracać uwagę. Przekonawszy się niebawem, że na grę temperatury wody w jeziorze główny i bezpośredni wpływ wywiera ciepłota różnych jego dopływów, sama znowu od czynników meteorologicznych zawisła, musiałem także i pomiarom tej ciepłoty znaczną część swej uwagi i czasu poświęcić. Przeważna ilość dopływów, pochodzących wprost z topniejących latem śniegów, a rozłożonych dokoła jeziora na różnych wysokościach, zniżających się zimą aż do jego powierzchni, upominała mię znowu, ażeby m. i. także z kwestyą ruchomości t. zw. linii wiecznego śniegu (w Tatrach niewiecznego) tutaj się liczyć. Głębokie sondowania termometryczne, które wykonałem w roku 1890., a zwłaszcza 1891. w jednym i tym samym dniu, ale w różnych punktach

Digitized by Google

jeziora, okazywały tak znaczne różnice, że musiałem już wówczas porzucić wyobrażenie o poziomem uwarstwieniu termicznem jeziora. Wątpliwości, jakie mi w tej mierze pozostały, mogły być rozprószone dopiero zapomocą liczniejszych tego rodzaju sondowań i to termometrami dokładniejszymi od zwykle w takich razach używanych. Musiałem też rozwinąć pewną czujność, ażeby — przy ważności już kilku dziesiętnych stopnia C. — uchylać źródła błędów, pochodzące z wadliwości podziałki termometrów, wzrostu ciśnienia hydrostatycznego w głębszych warstwach, skracania się sznura we wodzie, a wreszcie małych jego pochyłości przy niespokojnej wodzie na jeziorze. Istnienie tratew tylko na dwóch jeziorach w Tatrach polskich i niesłychane trudności sporządzenia ich dla innych jezior, zwłaszcza wyżej położonych, było trudnością, której zapomocą osobnych przyrządów starałem się bodaj częściowo zapobiedz. Mimochodem mierzyłem także ciepłoty wyższych źródeł tatrzańskich i oznaczałem hypsometrycznie ich wysokość.

Rozszerzony w taki sposób program badania nie zezwolił na równomierne zastósowanie go do wszystkich głębokich jezior tatrzańskich. Oczywista, że przedewszystkiem jeziora po stronie polskiej musiały zająć moją uwagę: nietylko dla tego, że obchodzą nas więcej od pozostałych, ale także dla tego, że chociaż mniej liczne od jezior w Tatrach węgierskich, są one od nich głębsze i większe. Dalej, samo już pobieżne wglądnięcie w termiczny ustrój jezior nauczyło mię, że pod tym względem wszystkie dają się podzielić na dwa typy i to według tego, czy jezioro pobiera stałe swoje dopływy wyłącznie tylko od topniejących śniegów, czy też prócz nich także i z jezior wyżej położonych. Nie jestem zwolennikiem tworzenia podziałów w jakiejkolwiek materyi przyrodniczej na podstawie oznak jedynie zewnętrznych, mniemam jednak, że tutaj podział taki zasadza się więcej aniżeli na samej tylko morfologii zewnętrznej i że pozostaje on w ścisłym związku z termiczną budową jeziora. Już z góry oczekiwałem większej rozmaitości zjawisk kalorycznych co do jezior o dopływach „mięszanych“, aniżeli u jezior typu 1-go; to zaś pozwalało przypuszczać, że szczegółowem badaniem jezior typu 2-go obejmie się do pewnego stopnia także i objawy w jeziorach typu 1-go, a mniej powikłane od tamtych. Użycie metody porównawczej obiecywało zapomocą osiągniętych wyników, już na podstawie szczuplejszego materyału obserwacyjnego, dla tych ostatnich zebranego, ustalić chociażby w przybliżeniu ich stosunki termiczne. W tej mierze wybór mój padł w pierwszym rzędzie na głośne i powabne jezioro Rybie (Morskie Oko), należące do jezior typu 2-go, dalej na Staw Czarny pod Kościelcem, będący już niemal ściśle jeziorem typu 1-go; na ostatnim planie stanęły po-

Digitized by Google

zostałe jeziora tu lub tam należące, każde z udziałem proporcyonalnym do jego dostępności.

Starszy materyał obserwacyjny, zebrany dorywczo i bez systemu przez różnych obserwatorów, różnymi termometrami i w najróżnorodniejszych warunkach meteorologicznych, nie okazał się wprawdzie bezużytecznym, ale utrudniał niezmiernie korzystanie z niego, skutkiem przytoczonych okoliczności. Wykonanych po koniec roku 1889. pomiarów termometrycznych zdołałem naliczyć wogóle 190, rozdzielających się nierównomiernie na 53 jezior tatrzańskich, leżących po obu stronach tego łańcucha górskiego. Z nich największa ilość pomiarów (14, 15 i 17) odnosi sie do: Rybiego, Jeziora Popradzkiego i Czarnego Stawu pod Kościelcem; następne musiały się zadowolić kilkoma (5—10) pomiarami, a blizko 40 z nich były raz albo dwa razy mierzone.

Najstarsze pomiary termometryczne jezior tatrzańskich (pomijając odosobniony pomiar Staszica na początku XIX wieku przy Rybiem) sięgają r. 1860., kiedy to Kořistka trzy stawy tatrzańskie (Rybie, Staw Popradzki i Staw w Dolinie Kolbachu) zwiedził z termometrem. Z lat 1866. i 1867. mamy trzy odosobnione pomiary E. Janoty (Czarny Staw pod Rysami, Kurtkowiec pod Świnnicą i Czerwony w dolinie Pańszczycy, każdy z nich po jednym razie); z lat 1872.—1876., jakoteż 1880. (i 1890.) trzydzieści siedm pomiarów Kolbenheyer'a 17-tu różnych jezior; z lat 1872—1880., 1883., 1884., 1888. (i 1890.) razem 68 pomiarów prof. L. Świerza 34 jezior; z lat 1876—1879. dwadzieścia cztery pomiary prof. Roth'a trzynastu jezior; z lat 1879. do 1881. siedm pomiarów E. Dziewulskiego czterech jezior; z roku 1886. pomiarów 28 Grissingera czterech jezior, a wreszcie z lat różnych po 1—4 pomiarów różnych jezior wykonanego przez Eljasza, Hradzkiego, Dorna i Geyera. Zapuściwszy się w liczenie inwentarza całego materyału obserwacyjnego, wymienię od razu ilość pomiarów po roku 1889. wykonanych. W czworoleciu 1890—1893. wykonałem 375 pomiarów ciepłoty jeziora Rybiego na jego powierzchni, 87 pomiarów podobnych 6 innych jezior tatrzańskich, 45 razy mierzyłem ciepłotę rozmaitych dopływów i wykonałem razem 282 sondowań termometrycznych. Wśrod tego uskuteczniłem przeszło 500 odczytań temperatury powietrza (wprost, termografem, częściowo wyręczając się drugą osobą), oraz przeszło 300 odczytań barometru. Nareszcie sondowania termometrem prof. Świerza w roku 1892. na siedmiu jeziorach przysporzyły nam — o ile ogłoszone — 120 bardzo pożądanych odczytań termometrycznych.

Co do usiłowania, aby liczby dane obserwacyą ująć w jakieś konkretne prawa fizyczne, znam tylko jedną rozprawę poświęconą

Digitized by Google

temu celowi, a mianowicie artykuł prof. K. Kolbenheyer'a: Über Quellen- und Seen-Temperaturen in der hohen Tatra[1]). Drugiej części tej pracy, mówiącej o ciepłocie jezior, niepodobna nazwać szczęśliwą. Autor uwikławszy się w wyobrażenie, że każdoczesna ciepłota, jak ją termometr dawał, jest przedewszystkiem funkcyą bezpośrednią wysokości, na której leży jezioro, gubi się w domysłach niejasnych, często bardzo nawet wątpliwych, a wreszcie wyznaje[2]): „Ein Gesetz in der Abnahme der Seewasser-Temperatur bei zunehmender Seehöhe, konnte ich bis jetzt nicht auffinden, da bei den einzelnen Seen ganz verschiedene Faktoren mitspielen, wie z. B. in der Höhe befindliche Schneefelder, von denen das aufgethaute Wasser in den See fliesst, oder ganz gegen den Einfluss der Sonne geschützte Lage.....".

Nie zdawał sobie autor sprawy, że bezładne pozornie liczby dla jednego i tego samego jeziora, które najwięcej go kłopotały, są prostem następstwem okresowych zmian dziennych i rocznych ciepłoty na powierzchni wody i że całe poszukiwanie od zbadania tych zmian rozpocząć należało, nie zaś od daremnego wysiłku przedstawienia ciepłoty wprost jako funkcyę wysokości. Prawda, że materyał obserwacyjny był wówczas więcej niż skromnym. Przedmiotu tego dotyka także Dr. Griessinger w swej pracy: „Studien zur physischem Geographie der Tatra-Gruppe[3])", a podając wyniki kilku swoich sondowań termometrycznych, objaśnia trafnie niektóre dostrzeżone przez się objawy.

Przystępując do powiązania ze sobą wszystkich znanych mi, obcych i własnych pomiarów termometrycznych w całość, miałem na oku także odpowiednią literaturę obcych jezior, a zwłaszcza alpejskich. Prócz starszych rzeczy Saussurea, były dla mnie nowsze roboty Forela, Geistbecka, Richtera, Simonyego i innych źródłem informacyjnem; sądziłem wszelako, że porównanie stosunków termicznych jezior tatrzańskich z takimi stosunkami obcych jezior wykraczałoby już poza zakres tematu. Zresztą badania te, przynajmniej co do jezior alpejskich, są dzięki niezmordowanej czynności prof. Forela jeszcze w pełnym toku, a z pewnością i dla jezior tatrzańskich po roku 1893. naukowe akta nad tą sprawą nie zostaną zamknięte. Byłoby więc przedwczesne zabierać się już teraz do studyum porównawczego, gdy tak tu, jak tam niejedna rzecz (między innemi zagadkowe zmiany

[1]) Jahrbuch des ungarischen Karpathen-Vereines, VII Jahrgang 1880, Kesmark 1880, str. 110 i nast.

[2]) Tamże str. 132.

[3]) Separatabdruck aus dem XVIII Jahresberichte des Vereines der Geographen an der Universität Wien, Wien 1893, str. 36—39.

Digitized by Google

„wieloroczne“ ciepłoty = variations lustrales) jeszcze ciemną pozostaje, a dopiero po dłuższym lat przeciągu może rokować wytłómaczenie.

Podział mej pracy napotykał na pewne trudności, głównie z powodu różnorodności materyi już przy jednem jeziorze, jakoteż z powodu samej ich mnogości. Podzieliłem ją na dwie części, z których pierwsza, objętością znaczniejsza, prócz szczegółowych badań termiki jeziora Rybiego, zawiera ustęp poświęcony niektórym objawom meteorologicznym w Tatrach (czego nie dało się ominąć), jako też kilka ustępów, tyczących się wszystkich jezior tatrzańskich zarówno; w drugiej części mówię o stosunkach termicznych, pozostałych, ważniejszych jezior. Kilka wreszcie przypisków umieściłem na końcu pracy, ażeby drugorzędnymi wywodami wśród tekstu nie odrywać uwagi od właściwego przedmiotu.

CZĘŚĆ I.

Jezioro Rybie (Morskie Oko).

Nie mając zamiaru wypracowania monografii tak tego jeziora, a tem mniej pozostałych tatrzańskich, którąby miała w sobie jednoczyć wielostronną jego charakterystykę pod względem fizycznym, meteorologicznym, geograficznym, geologicznym i t. d., mogę pominąć wszelkie jego opisy, dotykając kwestyj oro- i hydrograficznych tam tylko, gdzie związek z naszym przedmiotem nie pozwoli tego uniknąć. Wystarczy przypomnieć, że Rybie, jako też inne wysokie jeziora tatrzańskie[1]), leży w górnym końcu poprzecznej doliny górskiej, dotykając tyłem i bocznemi liniami swych brzegów bezpośrednio stóp grzbietu górskiego (głównego lub pobocznego), z przodu zaś jest zamknięte groblą (morena) niekiedy na 30 i więcej metrów wysoką. Mimochodem wyrażam przekonanie, że wysokość czołowej, przedniej moreny pozostaje w związku ze samą głębokością jeziora tatrzańskiego: geograf z zawodu, jakim nie jestem, osądzi, ile w tem racyi. Położenie rzeczone jezior jest pod względem ich termiki o tyle ważne, że pomijając już wpływ samego ich wzniesienia, dwojako wpływa na ogólne

[1]) Z wyjątkiem Szczyrbskiego (Csorba-See) w dolinie Młynicy na południowym stoku łańcucha tatrzańskiego.

Digitized by Google

obniżenie ich ciepłoty tak na powierzchni, jako też w głębi. Raz, że skutkiem zamknięcia „z trzech stron“ jeziora wysokimi grzbietami, utrudniony jest swobodniejszy przystęp ciepłego powietrza (zwłaszcza do jezior po stronie północnej), a co ważniejsza, bezpośredniej insolacyi tak, iż wody jego na długim i pogodnym dniu letnim zaledwo 4—8 godzin są oświetlone, powtóre zaś dla tego, że te same stosunki topograficzne pociągają za sobą istnienie tylko krótkich a stromych dopływów jeziora, pochodzących ze śniegów, topniejących dokoła po wzgórzach.

Jest oczywistem, że jezioro pozostające na tej samej wysokości nad p. m., pobierające dopływy z takich samych pól śnieżnych, ale 2—3 razy i więcej odległych, przyjmowałoby w siebie strugi wodne o spadku łagodnym, a zarazem znacznie cieplejsze (latem przynajmniej), skoro przez dłuższy czas mogły korzystać z otoczenia ciepłego powietrza, a zwłaszcza z bezpośredniej insolacyi. Do tego przedmiotu wypadnie nam zresztą jeszcze powrócić; nie zatrzymując się tedy, wspomnę jeszcze tylko, że jak całe otoczenie dalsze, tak też brzegi i samo łoże jeziora utworzone są z nagiej skały (granitowej) i skalnych usypisk (piargów), w których odrębne bryły dochodzą niekiedy ogromnych rozmiarów. Jedyną na całem wybrzeżu przedstawicielką gruntu miększego, a raczej grubego szutrowiska, jest morena przednia, którą też i najczęściej pokrywa nieco bujniejsza roślinność.

Szczegółowe badanie stosunków temperatury jeziora Rybiego, rozpocznę od ustalenia (przybliżonego) stosunków ciepłoty powietrza w jego bezpośredniem otoczeniu; rzecz tę zamykam w najbliższym ustępie.

ROZDZIAŁ I.

Ustalenie przybliżone stosunków temperatury powietrza przy Rybiem Jeziorze.

Przy tem jeziorze niema stacyi meteorologicznej (i zapewne nieprędko to nastąpi), istniały jednak tutaj przed kilku laty pierwsze jej zaczątki. Towarzystwo Tatrzańskie zobowiązało przed czterema laty każdorazowego dzierżawcę Schroniska imienia Staszica przy Rybiem do terminowego odczytywania temperatury powietrza i pomiaru opadu (w jednym roku nawet do odczytywania aneroidu Goldschmida) pod-

Digitized by Google

czas miesięcy letnich. Rozpoczął je w roku 1890. dawny gospodarz schroniska (Liptak), ale prowadził je opieszale, stąd też defektowe jego protokoły obserwacyjne do użytku naukowego się nie nadają. Bez porównania sumienniejszemi i jednostajniejszemi są obserwacye z miesięcy letnich w roku 1891., wykonywanych przez osobę bardziej inteligentną (p. Więcław) w stałych terminach (8h a., 1h p., 9h p.) przez drugą połowę czerwca, lipiec, sierpień i pierwszą połowę września. Prócz tego szeregu obserwacyjnego niema dotąd dalszego, któryby był wykonanym przy Rybiem za staraniem Towarzystwa Tatrzańskiego, pomimo, że instrumenta znajdują się na miejscu. Bawiąc przez 12 dni lipca 1892. przy Rybiem, urządziłem własnymi środkami zaraz w pierwszym dniu mego tam pobytu prowizoryczną stacyę meteorologiczną, w skład której przedewszystkiem wchodziły trzy narzędzia:

1) Termometr rtęciowy z podziałką Celsiusa na $\frac{1}{5}^0$ dzieloną (punkt zera termometru był poprzednio badany i drobna jego poprawka oznaczona).

2) Termograf samopiszący, konstrukcyi Richard Frères w Paryżu, notujący temperaturę rysunkiem linii ciągłej na kratkowanym papierze. Służył on jedynie do interpolacyi temperatury, głównie podczas nocy, jako też podczas mojej nieobecności w zaimprowizowanej stacyi meteorologicznej; z każdorazowej zresztą obecności swej w stacyi korzystałem, aby odczytać wprost termometr rtęciowy (nb. o dokładnej 7-ej, 8-ej i t. d.), przyczem ilość dziennych odczytywań nigdy nie była mniejszą od 6-ciu, a dochodziła nawet do 11-tu.

Obadwa narzędzia 1 i 2 umożliwiły więc sporządzenie protokołu 24-ro godzinnych odczytów temperatury powietrza i dostarczyły wspólnie 275 godzinnych odczytów temperatury podczas mojego pobytu przy jeziorze. Były one umieszczone na 1-em piętrze nowego schroniska przy Rybiem (w wysokości około 15 m. nad poziomem jeziora) i ustawione na obszernej wystawce okiennej, przykrytej wystającym okapem dachowym tak, że ustawienie to zezwalało na zupełnie swobodny dostęp powietrza.

Wystawka od wschodu była nadto wolno przysłonięta kawałem grubego płótna bielonego dla powstrzymania oświetlenia wystawki przez promienie słońca o wczesnych godzinach rannych.

Prócz tego na zewnętrznej ścianie SW. schroniska, przycieniony pułapem werandy, wisiał (podczas mego tam pobytu, jako też i w roku poprzednim) termometr, będący własnością Towarzystwa Tatrzańskiego, który właśnie służył w roku 1891. do obserwacyi, a w latach 1892. i 1893. miał do nich służyć. Nie ruszając go z miejsca, wykonałem na nim przeszło 30 odczytań równocześnie z odczytaniem mego własnego

Digitized by Google

termometru, a to w celu powzięcia wyobrażenia o wpływie rozmaitości umieszczenia obu tych narzędzi na odczytane temperatury. Przeniósłszy go do „stacyi“ na kilka godzin, wykonałem nadto kilka porównań obu narzędzi w tych samych warunkach.

3) Aneroid-hypsometr, konstrukcyi Naudet'a, z termometrem, dozwalający (zapomocą lupy) odczytać bezpiecznie $\frac{1}{10}$ mm.; korekcye tego narzędzia (z powodu temperatury i zmienności samego ciśnienia) zostały wyznaczone przed wyruszeniem w drogę, jako też po powrocie sprawdzone ponownie. Zresztą w tej chwili pragnę mówić tylko o samej temperaturze powietrza, nie mam więc potrzeby wdawać się w dyskusyę licznych odczytań barometrycznych, jakie na miejscu wykonałem.

Opuszczając w dniu 22. lipca 1892. r. schronisko przy Rybiem zwinąłem swoją prowizoryczną stacyę, zawdzięczając jej m. i. bodaj 275 systematycznych spostrzeżeń ciepłoty. W sierpniu i wrześniu tegoż roku, na prośbę moją, wykonał stojący posterunkiem przy Rybiem sierżant żandarmeryi p. A. Aleksandrowicz dłuższy szereg obserwacyj termometrycznych, posługując się termometrem *T. T.* w tem samem miejscu co poprzednio pozostawionym.

Pan Aleksandrowicz okazywał już podczas mego przy Rybiem pobytu wielkie zainteresowanie się czynnościami, którym się tam oddawałem, a nauczywszy się m. i. odczytywania termometru, wyświadczył mi już wówczas niejedną dogodność. Termometryczne jego obserwacye rozciągały się na sierpień (bez kilku dni początkowych) i wrzesień (bez kilku ostatnich jego dni); nie były one wprawdzie ściśle „terminowe“, ale były wykonywane 3, 4 i 5 razy dziennie o godzinach uwidocznionych każdym razem w protokole obserwacyjnym. Godziny te były zazwyczaj 7^h a., 2^h p., 7^h p., są jednak także 6^h a., 10^h a., 1^h p., 6^h p., 8^h p. i t. d., której to niejednostajności terminów nie dało się (z powodu innych obowiązków obserwatora) niestety uniknąć.

Wymienione powyżej szczegóły wyczerpują prawie wszystko, co w sprawie aerotermiki Doliny Rybiego dotąd uczyniono. Skąpy to bardzo materyał i bez kwestyi niedostateczny, aby zwykłymi sposobami dotrzeć do ustalenia chociażby przybliżonych średnich miesięcznych, rocznej i t. d. Ażeby przecież z tego, co jest, wycisnąć jaką korzyść, postanowiłem posłużyć się t. zw. metodą różnic, polegającą na znalezieniu różnicy temperatury przy Rybiem, a równoczesnej temperatury odczytanej na innem, niezbyt odległem miejscu, i to w takiem, którego stosunki temperatury z wieloletnich obserwacyj są już dokładnie znane. Taką stacyą porównawczą mógł być dla nas tylko Kraków, który od całego szeregu lat notuje stale co godzina tempe-

Digitized by Google

raturę powietrza, bądź to zapomocą bezpośredniego odczytania. bądź też zapomocą termometrów samopiszących. Dla każdej tedy temperatury powietrza *(= R)*, odczytanej przy Rybiem, należało z protokołu obserwacyj krakowskich wziąć temperaturę *(= Kr.)* równocześnie tutaj obserwowaną, a stąd następnie utworzyć różnicę *(Kr. — R)*. Średnia z kilkuset różnic tak otrzymanych powinna być już w znacznym stopniu wolną od przypadkowych zawichrzeń temperatury w obu miejscowościach i zbliżyć się dostatecznie do wartości prawie stałej (przynajmniej w ciągu miesięcy letnich). Drobne, a nieuniknione niepewności takiego oznaczenia mają niezawodnie znaczenie dla samej termiki powietrza w Tatrach; do naszego jednak celu będą one dość podrzędne. Zobaczymy bowiem, iż obszerność wahnień temperatury wód tatrzańskich jest 3—5 razy mniejsza od podobnej obszerności wahnień temperatury powietrza. Gdy zaś ruch hydrotermiczny jest — jak to z góry można przewidzieć — pewną funkcyą ruchu aerotermicznego, to widoczna, iż błąd różnicy *(Kr. — R)* wynoszący nawet ½° C., a więc i tyleż wynosząca niepewność średnich temperatur powietrza przy Rybiem, może w liczbach hydrotermicznych wywołać niepewność, wynoszącą co najwyżej ± 0·1° C. W rzeczywistości sprawa przedstawia się nieco pomyślniej, gdyż istniejący dotąd materyał obserwacyjny zezwala na ustalenie różnicy *(Kr. — R)* z niepewnością nie większą, jak ± 0·2° C.

Ażeby uzyskać rzeczową kontrolę rezultatu liczbowego, do którego zmierzamy, poddamy każdy z trzech obserwacyjnych szeregów osobnemu badaniu.

A. Szereg z miesięcy letnich w r. 1891.

Obserwator p. J. Więcław, termometrem Towarzystwa Tatrzańskiego = *T. T.* — Terminy 7ʰ a. m.; 1ʰ p. m.; 9ʰ p. m.

Wszystkich odczytań było około 260. Obejmowały one amplitudę termiczną od + 5° C. do + 23° C. (właściwie tylko do 18°, gdyż temperatury powyżej 18° były zaledwo kilkanaście razy odczytane wśród tego czasu) z najgęstszem rozpostarciem się około temperatury + 12° C.

Pragnąc wyśledzić, czy wartość różnicy *(Kr. — R.)* nie zależy też może w drobnym stopniu od samejże temperatury, podzieliłem cały materyał w przybliżeniu na 3 części (każda część po 80 kilka odczytań w obu stacyach), a mianowicie odpowiadające odstępom temperatury (przy Rybiem) 5°—11°; 11°—15°; 15°—23° i dla każdej z tych części obliczyłem tak średnią wartość odpowiednich temperatur krakowskich, jakoteż średnią wartość różnicy *(Kr. — R.)*. Znalazłem:

Digitized by Google

śred. temp. krak.	*Kr. — R.*	
15·24° C.	6·073° C.	*(A)*
17·81° C.	6·258° C.	
21·63° C.	6·359° C.	

przyczem oczywiście średnia temperatura krakowska odnosi się dokładnie do godzin, w których przy Rybiem odczytywano termometr.

Lubo liczby powyższe nie są wolne od drobnych błędów, to jednak zgadzają się niezgorzej pomiędzy sobą tak, iż różnica *(Kr. — R.)* w miesiącach letnich wynosi niewątpliwie około 6° C. Ze wszystkich 258 różnic otrzymałem na *(Kr. — R.)* średnią wartość = 6·23°, wobec temperatury krakowskiej = 18·31° C.

Zestawienie *(A)* zdaje się wskazywać na słabą zmienność różnicy *(Kr. — R.)* = *D* wraz z temperaturą, a mianowicie na drobny wzrost ilości *D* ze wzrostem temperatury. Przypuszczając, że objaw ten odpowiada rzeczywistości, a nie jest jedynie następstwem zanadto jeszcze szczupłej mnogości pojedynczych różnic *D*, nie będzie od rzeczy domniemaną zależność liczbowo bliżej sformułować.

Oznaczając liczby pierwszej kolumny w *(A)* głoską x, zaś liczby drugiej kolumny głoską *D* i kładąc jeszcze $\frac{x}{10} = \xi$, starajmy się zależność ilości *D* od ξ przedstawić funkcyą liniową

$$D = a + b.\,\xi.$$

Zestawienie *(A)* dostarczy trzech równań fundamentalnych, które wyrównane metodą najmniejszych kwadratów dają na wyznaczenie stałych a, b dwa równania warunkowe:

$$3{\cdot}000\,a + 5{\cdot}468\,b = 18{\cdot}690,$$
$$5{\cdot}468\,a + 10{\cdot}173\,b = 34{\cdot}155,$$

skąd $a = +5{\cdot}442$, $b = +0{\cdot}4324$, z prawdopodobnymi błędami $\pm 0{\cdot}152$, resp. $= \pm 0{\cdot}0828$.

Zatem $D = +5{\cdot}442 + 0{\cdot}0432\,x$, gdzie x jest każdoczesną obserwowaną w Krakowie temperaturą. Kładąc tutaj za x liczbę 18·31° C. (t. j. średnią z całego użytego materyału obserwacyjnego), otrzymujemy na *D* wartość 6·23°, a więc dokładnie tę samą co poprzednio.

Mimo to nie można oddawać się nadziei, że drobna zmienność różnicy *D* (a więc istnienie wyrazu $b\xi$) jest wyrazem rzeczywistości. A choćby tak nawet było, to ilość 0·0432 będzie z pewnością tylko grubszem przybliżeniem istotnej wartości współczynnika *b*.

Wnosząc z poszukiwań prof. Jul. Hann'a, tyczących się sto-

Digitized by Google

sunków ciepłoty na szczytach i przełęczach alpejskich (Sonnblick, Säntis, Kolm-Saigurn, Obir, Rauris, itd). należy i dla Tatr oczekiwać istnienia współczynnika b i to o wartości dodatniej. Położenie Tatr pod względem klimatycznym bardziej kontynentalne od terenu alpejskiego, nie zezwala jednak na proste przeniesienie odpowiedniego współczynnika z Alp na łańcuch tatrzański; wystarczy więc tutaj tylko skonstatować, iż objaw, o którym mówimy, posiada przecież swoje uzasadnienie przynajmniej w podobnych okolicach alpejskich. Wybitny tego rodzaju przykład przedstawiają np. znalezione w r. 1886—1887. średnie temperatury zimy, wiosny, lata i jesieni w Zell am See *(Z')* i Kolm-Saigurn *(= K')*, pierwsza na wysokości 750 m., druga 1620 m.

	Z'	K'	$Z' - K' = D'$
Grudzień — luty	— 5·1	— 5·9	. . . . . + 0·8
Marzec — maj	+ 5·4	+ 2·1	. . . . . + 3·3
Czerwiec — sierpień	+ 15·5	+ 11·3	. . . . . + 4·2
Wrzesień — listopad	+ 6·9	+ 3·9	. . . . . + 3·0,

które to zestawienie pokazuje znaczny wzrost różnicy $(Z' - K')$ wraz ze wzrostem temperatury np. niższej stacyi. Również co do innych miejscowości alpejskich dają się podobne objawy wykazać [1]). Pozostają one widocznie w ścisłym związku z faktem, iż amplituda roczna temperatur średnich staje się tem mniejszą, im wyżej położoną jest uważana miejscowość, faktem, który był znany już Saussureowi przy końcu XVIII wieku. Wypadnie nam dotknąć raz jeszcze tego przedmiotu, dla tego nie zatrzymuję się dłużej nad rzeczą. Zauważę tylko, że przytoczony wyżej przykład stacyi alpejskich Z' i K' jest niemal skrajnym pod względem wybitności różnic, jakie w ciągu roku zachodzą w ilości D', a to z tej głównie przyczyny, iż niższa stacya Z' leży w dolinie, podczas gdy wyższa K' znajduje się na upłazie dość stromo spadającym. Z początkiem wiosny i w ciągu całej zimy jest stacya Z' niejako pokrytą przemrożoną warstwą powietrza zimnego i ciężkiego, pozostającego przez długi czas bez ruchu wokoło stacyi, podczas gdy w wyższej stacyi K' promieniowanie mniejszej powierzchni terenu nie może przemrozić powietrza w tym stopniu, jak na pła-

[1]) Zob. m. i. J. Hann Zur Meteorologie des Sonnblickgipfels (Separatabdruck aus der Zeitschr. der deutsch. und oesterreich. Alpenvereins, Bd. XX., Wien 1889). Jest to wyciąg pracy znakomitego meteorologa umieszczonej w publikacyach wiedeńskiej Akademii Umiejętności, pracy która dla poznania stosunków meteorologicznych wysoko położonych miejsc w ogólności, w szczególności Alp austryackich, jest pierwszorzędnej wartości.

Digitized by Google

szczyźnie; zaś w razie nawet większego przemrożenia powietrza, spadzistość terenu zezwala na ustawiczne „spływanie“ jego ku dołowi.

Zobaczmy teraz, jakie wnioski dadzą się wyciągnąć z drugiego szeregu obserwacyjnego przy Rybiem Jeziorze.

B. Szereg z lipca 1892.

Składa się on z 285 godzinnych odczytań własnego mego termometru (= *Z*) resp. termografu w czasie od 11. do 22. lipca 1892. Z powodu ustawicznej prawie niepogody (tak w *Kr.* jak i przy *R*) amplituda temperatury wśród tego czasu była przy Rybiem stosunkowo bardzo szczupła (średnie 24 godzinne obejmowały odstęp od + 6·9 tylko do + 12·7), a dla tej przyczyny szereg ten nie nadaje się wcale do badania zmienności liczby *D*.

Nie pozostaje więc nic innego, jak całość liczb tego szeregu uważać za jedną grupę i porównać je z jednoczesnemi odczytaniami krakowskiemi. Rezultat jest następujący:

Średnia z 275 liczb krakowskich = 16·781° C.
„ „ „ „ przy Rybiem = 10·691° C.
Kr. — *R.* = + 6·090° C.

Mamy więc z powyższego następujące wyznaczenie:

średn. temp. krak. 16·78° C. . . . . *D* = + 6·090° C.

Drobny wpływ na tę liczbę i poprzednie pod (*A*), pochodzącą z odmiennego umieszczenia termometrów, jakoteż drugi, jeszcze mniejszy, pochodzący z niezupełnej dokładności punktu zera w obu termometrach uwzględnimy przy ostatecznej redukcyi materyału obserwacyjnego.

C. Szereg z sierpnia i września 1892.

(Obserwator A. Aleksandrowicz, termometrem *T. T.* umieszczonym jak pod *A*). Jest to najkrótszy szereg obejmujący mianowicie tylko 156 bezpośrednich odczytań termometrycznych, dokonanych w przeciągu 46 dni, nie jest on jednak bez wartości dla naszego celu, a to dlatego, że odpowiadał on porze niezwykłych upałów (głównie sierpniowych), jakie panowały w całej Europie środkowej. Ponieważ, jak to już powyżej wspomniałem, obserwacye tego szeregu nie posiadały terminów ściśle jednostajnych, (ale w protokole obserwac. zawsze podanych) więc potrzeba było każdą obserwacyę przy *R* z osobna

Digitized by Google

porównać z obserwacyą krakowską o tym samym czasie wykonaną. W kilkunastu miejscach, gdzie obserwacya przy *R* przypadła n. p. o 6¦ a. m., 1¦ p. m. i t. p., oznaczyłem nasamprzód interpolacyjnie (zawsze z trzech sąsiednich godzinnych odczytań krakowskich) równoczesną temperaturę krakowską, a dopiero wówczas tworzyłem różnicę *(Kr. — R.)*. Następnie podzieliłem ten materyał na dwie grupy w przybliżeniu jednakowo liczne (po siedmdziesiąt kilka odczytań), z których pierwsza odpowiadała temperaturom krakowskim niższym od + 21° C., druga wszystkim pozostałym wyższym od + 21° C. (przedewszystkiem z drugiej połowy sierpnia i kilku dni września wyjątkowo gorących), a wreszcie obliczyłem średnią wartość różnicy *(Kr. — R.)* obu tych grup. Rezultat był następujący:

śred. temper. krak.	*D*
18·92	+ 6·177
23·78	+ 6·509,

wskazujący zatem znowu na drobny wzrost liczby *D* wraz z temperaturą.

W tem, co przytoczyłem, zamyka się niestety prawie cały, dotąd znany, materyał obserwacyjny temperatur doliny Rybiego Jeziora. Zauważę tutaj jeszcze, iż posiadam oryginalne protokoły obserwacyjne, obu szeregów *B)* i *C)* oraz kopię szeregu *A)*, którą sam dla własnego użytku sporządziłem z oryginału będącego własnością Tow. Tatrzańskiego w Krakowie. Obliczenia, które zaraz następują, wykonałem w zimie r. 1892; w lipcu i sierpniu 1893. zebrałem przy Rybiem nowy szereg *D* 260-ciu odczytań termometru na tem samem co dawniej miejscu ustawionego, ale liczb tych nie zdołałem już, dla braku czasu, włączyć do całości.

Pozostaje teraz jeszcze ostateczna redukcya całego materyału zasadzającego się, jak widzieliśmy, na skromnej liczbie 700 (wraz z nieużytym tutaj szeregiem *D*, 960) odczytań termometrycznych [1]) wykonanych bez wyjątku w miesiącach letnich lub na początku jesieni. Gdyby zależało jedynie na ustaleniu średniej przybliżonej wartości *(Kr. — R.)*, to moglibyśmy poprzestać na prostej średniej arytmetycznej wszystkich 700 liczb; gdy jednak obadwa szeregi, tak *A)* jak i *C)* zdradzają wspomnianą tu już kilkakrotnie zmienność tej ilości

[1]) Do powyższych trzech szeregów dołączyłem około 20 odczytań termometru *T. T. T.* przy Rybiem, jakie w r. 1890. sporadycznie wykonywał tam gospodarz schroniska Liptak, czego kopię sporządziłem sam na miejscu. Wszystkich odczytań dających się użyć miałem razem 706. Trzy odczytania z pośród liczb szeregu *C* odrzuciłem jako wątpliwe.

Digitized by Google

i to w kierunku zgodnym z podobnym objawem na terenie alpejskim, warto spróbować oznaczenia ilościowego tej zmienności chociażby w niejakiem przybliżeniu.

Szeregi *A)* i *C)* były wykonywane jednym i tym samym termometrem (*T. T.*), którego korekcyę zera sam oznaczyłem na + 0·05° C. zapomocą porównywań z moimi termometrami, jakoteż przez dwugodzinne osadzenie go w śniegu topniejącym. Taką samą dokładnie korekcyą posiadał (trafem) także i mój termometr *(Z)*, którego używałem do znalezienia liczb szeregu *B*. Ponieważ ilość *D* jest różnicą temperatur (w sensie: Kraków mniej Rybie), więc należy przedewszystkiem od szystkich trzech szeregów odjąć ilość 0·05° C., ażeby powyższe wyniki uwolnić od drobnego błędu samej podziałki termometrycznej. Powtóre szereg *B* (tj. mój własny) powstał z odczytań dokonanych w odmiennem nieco miejscu przy schronisku aniżeli obydwa szeregi *A)* i *C)*, tj. przy odmiennej nieco „expozycyi" termometru i to — jak mniemam — nieco korzystniejszej. Istnienie drobnej „expozycyjnej" różnicy miałem na oku już podczas pobytu mego przy Rybiem w lipcu 1892., a pragnąc ją bliżej ocenić, wykonywałem, prócz odczytań własnego termometru, równocześnie także (lubo sporadycznie) odczytanie termometru *T. T.*, wiszącego w klateczce na zwykłem swojem miejscu. Z 33 takich wspólnych odczytań znalazłem średnią wartość różnicy expozycyjnej:

$$Z \text{ (piąterko)} - T.\ T. \text{ (werenda parter)} = + 0{\cdot}093^{\circ} \text{ C.},$$

skąd wynika, że dla usunięcia (choćby przybliżonego) różnicy expozycyi, należy ilość 0·093 odjąć od liczb *D* obydwóch szeregów *A)* i *C)*, skutkiem czego cały materyał otrzyma lepszą jednostajność, taką mianowicie, jak gdyby wszystkie odczytania w liczbie 700 były wykonane w jednem i tem samem miejscu, tj. na wystawce okiennej I-go piętra schroniska. Wprowadzając obie te korekcye do wszystkich (3 + 1 + 2) = 6-ciu naszych liczb *D*, otrzymamy następujące zestawienie:

	średn. temp. krak.	*D*
(A)	15·24° C.	5·930° C.
	17·81 „	6·115 „
	21·63 „	6·216 „
(B)	16·78 „	6·040 „
(C)	18·92 „	6·034 „
	23·78 „	6·366 „.

Digitized by Google

Stosując do tych liczb, jak powyżej, funkcyę liniową $D = a + b.\xi$ i postępując metodą najmniejszych kwadratów, otrzymujemy na wyznaczenie stałych a, b następujące dwa równania:

$$6{\cdot}000\,a + 11{\cdot}416\,b = 36{\cdot}701,$$
$$11{\cdot}416\,a + 22{\cdot}223\,b = 70{\cdot}063,$$

skąd $a = 5{\cdot}233^0$, $b = +\,0{\cdot}4645$, z prawdopodobnymi błędami tych wartości $\pm 0{\cdot}097^0$, wzgl. $\pm 0{\cdot}0504$. Pozostałe różnice między obserwacyą a rachunkiem, wzięte w kierunku (obserw. — rachunek), przedstawiają się jak następuje: 1) — 0·011, 2) + 0·028, 3) + 0·055, 4) — 0·078, 5) — 0·021, 6) + 0·028, skąd widać, iż nie występuje tutaj żadna wyraźniejsza systematyczność; pozostałe niezgodności należy więc złożyć nie tyle na niezupełną dokładność spostrzeżeń, jak na skromną ich mnogość, która nie zezwala na wyraźniejsze wystąpienie zależności liczby D od temperatury.

Zważając na znaczenie ilości ξ (= 0·1 temperatury x w Krakowie odczytanej), będziemy mieli ostateczny wynik rachunkowy z całego materyału obserwacyjnego:

$$Kr. - R. = 5{\cdot}23^0 + 0{\cdot}046.\,x,$$

który to wzór pozwala na przybliżone ocenienie stosunków aerotermicznych Doliny Rybiego (przynajmniej w miesiącach letnich), z wiadomych takich stosunków obowiązujących Kraków. Oczywista, że wzór ten nie może mieć żadnej pretensyi do przedstawiania każdoczesnej temperatury przy Rybiem, ale nabiera dopiero znaczenia np. dla średnich (tu i tam) miesięcznych, albo przynajmniej pięciodniowych *(pentad)*. Jest on też stosunkowo już dostatecznie dokładny, aby zapomocą niego znaleźć średnie temperatury normalne Doliny Rybiego w miesiącach letnich, a nawet (używając niezbyt dalekiej extrapolacyi w lewo i w prawo) w końcowych miesiącach wiosennych, jakoteż początkowych jesiennych. Następujące liczby, nieroszczące sobie zresztą pretensyi do wygórowanej dokładności, będą, jak sądzę, pierwszą próbą ściślejszego poznania klimatu Doliny Rybiego pod względem ciepłoty powietrza:

	średn. norm. temp. krak.	D	śr. norm. temp. Dol. Ryb. (w przybl.)
Kwiecień	+ 8·07° C.	5·60	+ 2·47° C.
Maj	+ 13·70 „	5·86	+ 7·84 „
Czerwiec	+ 17·65 „	6·04	+ 11·61 „
Lipiec	+ 18·88 „	6·10	+ 12·78 „
Sierpień	+ 18·11 „	6·06	+ 12·05 „
Wrzesień	+ 14·03 „	5·88	+ 8·15 „
Październik	+ 8·91 „	5·64	+ 3·27 „

Digitized by Google

Co do pozostałych 5 miesięcy, użycie powyższego wzoru w celu otrzymania przybliżonych średnich norm. temperatur Doliny Rybiego może dostarczyć wartości już tylko wątpliwych, jeżeli zważymy, że nawet obie skrajne liczby 2·47° i 3·27° (kwiecień i październik) nie całkiem są bezpieczne, jako pochodzące z extrapolacyi w obie strony nieco już poza zakres miesięcy rzeczywistych obserwacyi.

Dla ogólnego jednak zoryentowania się wśród rzeczy umieszczam je także tutaj, ażeby w ten sposób módz sobie wytworzyć bodaj przybliżone wyobrażenie o wartościach średnich temperatur czterech pór roku, jakoteż średniej rocznej w Dolinie Rybiego.

Znajduje się:

	średn. norm. temp. krak.	*D*	oblicz. śred. norm. tem. Dol. Ryb.
Styczeń	— 4·22° C.	(5·04)	(— 9·26° C.)
Luty	— 2·46	(5·12)	(— 7·58)
Marzec	+ 1·76	(5·31)	(— 3·55)
Listopad	+ 2·02	(5·32)	(— 3·30)
Grudzień	— 2·22	(5·13)	(— 7·35)

przyczem liczby ujęte w nawiasy są tylko niejakiemi przybliżeniami do prawdy i to niezawodnie mniejszemi, aniżeli w poprzednich 7 miesiącach. Drugie cyfry dziesiętne temperatury, zachowane są tylko dla jednostajności rachunku, nie zaś w celu łudzenia się rzekomą dokładnością takich wartości, gdzie już pierwsze cyfry dziesiętne nie są bezpieczne. Otrzymujemy:

wiosna (marzec — maj)	+ 2·25° C
lato (czerwiec — sierpień)	12·15 „
jesień (wrzesień — listopad)	2·71 „
zima (grudzień — luty)	(— 8·06);
średnia roczna	(+ 2·26° C).

Niepewności, jakie tkwią w liczbach powyższych (zwłaszcza ujętych w nawias), możnaby starać się choć częściowo uchylić zapomocą materyału ze stacyj alpejskich. Obliczanie domyślnych średnich ciepłot górnej stacyi z wiadomych średnich stacyi dolnej na podstawie przyjętego ubywania ciepłoty na 1 hektom. wzniesienia się, nie obiecuje tutaj jednak skutku dodatniego. Jest bowiem rzeczą dobrze wiadomą, że liczby podawane często jako „raty“ ubywania ciepłoty w miarę podnoszenia się o 1 hektometr (liczby między 0·3° C a 0·8° C zawarte) posiadają znaczenie tylko lokalne, tj. obowiązują — ściśle biorąc — tylko teren, na którym zostały znalezione. Z lepszym może skutkiem niż

Digitized by Google

wspomniane „raty“ dałyby się średnie ciepłoty miesięcy zimowych przy Rybiem wynaleźć sposobem następującym. Utworzywszy różnicę średnich miesięcznych (zimowych) Kraków-Poronin, Kraków-Zakopane, Kraków-Białka itd. dla pozostałych północnych stacyj meteorolog. Czarny Dunajec, Nowy Targ. Jaworzyna (1019 m. nad p. m. już blizko Rybiego), możnaby się starać te różnice uczynić (empirycznie) pewnemi funkcyami każdorazowej krakowskiej średniej miesięcznej, następnie współczynniki otrzymanych wzorów empirycznych uczynić zawisłymi od wysokości nad p. m. i od spadku terenu każdej stacyi, a wreszcie — znając te dwie ilości dla Rybiego, obliczyć samą różnicę Kraków-Rybie miesięcy zimowych. Wszystko to jednak będzie środkiem tylko połowicznym, nawołującym tem usilniej do założenia stałej meteorologicznej stacyi w głębi Tatr, co np. dla takiego Rybiego (1400 m.) dałoby się bez żadnych większych trudności uskutecznić. Wszakżeż niedawno temu zbudowano obserwatoryum meteorologiczne na Sonnblick, szczycie alpejskim 3100 m. wysokim, a świeżo właśnie powstało obserwatoryum meteorologiczne i fizyczne na najwyższym szczycie alpejskim 4810 m. wysokim Mont-Blanc.

Że otrzymane tutaj średnie miesięczne ciepłoty (normalne) dla Doliny Rybiego nie są znowu zbyt błędne, okazują liczby zebrane w stacyi najbliżej z Rybiem sąsiadującej. Dla Jaworzyny Spiskiej, oddalonej od Rybiego mniej niż 9 kilometrów, metodą różnic znalazł Kolbenheyer[1]) z 4-ro letnich obserwacyj (po uwzględnieniu poprawek i redukcyi na 50-cio letnie średnie miesięczne krakowskie) liczby następujące:

Styczeń	— 8·1° C.	Lipiec	+ 14·2° C.
Luty	— 6·9 „	Sierpień	+ 13·5 „
Marzec	— 4·1 „	Wrzesień	+ 8·7 „
Kwiecień	+ 3·2 „	Październik . . .	+ 4·6 „
Maj	+ 8·6 „	Listopad	— 2·7 „
Czerwiec	+ 12·8 „	Grudzień	— 6·3 „

Średnia roczna . . . . . + 3·1° C.

Jaworzyna leży u stóp Murania, w wąwozie jedynie na północ otwartym, na wysokości 1019 m. nad p. m. i jako stacya zajmuje miejsce pośrednie pomiędzy stacyami dolinowemi (Thalstationen) a stacyami stokowemi (Gehängstationen), zbliżając się jednak bardziej do kategoryi pierwszych. Najwyższy taras Doliny Rybiego, otwartej ró-

[1]) Pierwotnie w: Jahrbuch des ungar. Karpathen-Vereins, Bd. XII. Igló 1885, z czego wyciąg w Meteorologische Zeitschrift (hrg. von Prof. Jul. Hann) Bd. XXI, Berlin 1886, pag. 235.

Digitized by Google

wnież na północ, gdzie właśnie znajduje się jezioro i schronisko, należy — ogólnie biorąc — do tego rodzaju stacyi co Jaworzyna, zbliża się jednak bardziej do stacyj stokowych: średni „upad“ między temi miejscowościami [1]) wynosi zaledwie 2·7°. Wobec tego nie będziemy oczekiwali pomiędzy obydwiema stacyami większych różnic temperatur w miesiącach zimowych pomimo 4 hektometrowej różnicy ich wzniesień: wspomniany „upad“, łącznie z jakością terenu pomiędzy Jaworzyną a Rybiem wykluczają wprawdzie możność zimowego odwrócenia temperatur (tj. lokalnego wzrostu ich z wysokością), ale zapowiadają przy Rybiem temperatury tylko nieznacznie niższe od temperatur w Jaworzynie. Różnice normalnych temperatur średnich od kwietnia do października tych dwóch miejscowości przedstawiają się, jak następuje:

Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik
0·7	0·8	1·2	1·4	1·4	0·5	1·3,

a że wszelkie tego rodzaju ilości dadzą się przedstawić (jak to z poszukiwań prof. Hanna wynika) albo wzorem Bessel'owym o jednym wyrazie peryodyczno zmiennym (a drugim stałym), albo też (w dostatecznem przybliżeniu) jako funkcya liniowa każdoczesnej np. dolnej temperatury, przeto dla naszego konkretnego przypadku otrzymalibyśmy 7 równań:

$$a + 3{\cdot}2.\, b = 0{\cdot}7,$$
$$a + 8{\cdot}6.\, b = 0{\cdot}8,$$

itd. które wyrównane metodą najmniejszych kwadratów, dają na wyznaczenie współczynników a, b następujące dwa równania:

$$7{\cdot}0.\, a + 65{\cdot}6.\, b = 7{\cdot}3,$$
$$65{\cdot}6.\, a + 728{\cdot}8.\, b = 73{\cdot}6,$$

skąd $a = +0{\cdot}617$; $b = +0{\cdot}0455$.

Według tego, jako różnice stycznia, lutego, marca, listopada i grudnia otrzymamy następujące wartości:

$$+0{\cdot}25, \quad +0{\cdot}30, \quad +0{\cdot}43, \quad +0{\cdot}49, \quad +0{\cdot}33,$$

tak, iż odpowiednie średnie ciepłoty tych miesięcy przy Rybiem byłyby:

$$-8{\cdot}15, \quad -7{\cdot}20, \quad -4\,53, \quad -3{\cdot}19, \quad -6{\cdot}63,$$

co w połączeniu z siedmioma lepiej znanemi średniemi (kwiecień — październik) doprowadza do średniej rocznej + 2·37° C. Poprzednio otrzymaliśmy + 2·26° C. Zatem pomimo całej niepewności, jakiej

[1]) Przy wzajemnej ich odległości 86 hektometrów i różnicy wzniesień (prawie dokładnie) 4 hm. mamy tang $a = {}^4/_{86}$, skąd $a = 2^\circ 40'$.

Digitized by Google

podlegają jeszcze te wyznaczenia pojedynczych średnich miesięcznych, niepodobna wątpić, że normalna średnia roczna przy Rybiem jest niewiele różną od + 2·3°C. Średnia roczna + 1·1°C, jaką prof. Rehmann[1]) przyjmuje dla tej miejscowości, jest stanowczo za nizką. To samo niepodobna przychylić się do mniemania Zejsznera[2]), według którego ciepłota źródeł tatrzańskich ma być zarazem średnią roczną ciepłotą tej samej miejscowości. Bardzo stateczne pod względem ciepłoty źródło „pod Opalonem" oddalone tylko o 20 minut drogi od jeziora Rybiego i wielokrotnie mierzone, posiada zimą i latem ciepłotę chwiejącą się między + 3·6° a + 4.4° C. Tyle dają obserwacye średniej rocznej ciepłoty Kuźnic Zakopańskich, całe 400 m. niżej od Rybiego.

Wspomnę nakoniec, że poszukiwania średniej rocznej ciepłoty danej miejscowości w Tatrach mogłyby być ułatwione przez pomiar ciepłot powietrza jaskiń, t. zw. „koleb", chociażby nawet sporadycznie wykonywanych. Jaskinie, groty nie są rzadkością w Tatrach, zaś „koleby" spotyka się na każdym kroku. Jedną z takich kryjówek w skale, leżącą w zboczu Miedzianych tuż nad poziomem Rybiego zwiedziłem dwukrotnie i znalazłem:

1892. 21. lipca 3^h p. m. ciepłota pow. zewnętrznego 11·7°; w kolebie 5·9°
1893. 26. lipca 8^h a. m. „ „ „ 13·4°; „ 6·7;

chwianie się, czy to dzienne, czy roczne ciepłoty wszelkich takich grot będzie niezawodnie tylko jakąś małą częścią amplitud ciepłoty zewnętrznego powietrza, mogłoby więc nierównie prędzej doprowadzić do znajomości średnich ciepłot, aniżeli obserwacye na wolnem powietrzu w Tatrach, tam zwłaszcza, gdzie np. perturbacye normalnego dziennego pochodu ciepłoty dosięgają niekiedy rozmiarów[3]) samej dziennej amplitudy...

O ile mi wiadomo, to po stronie Tatr Polskich, prócz znanej groty w Magórze ($h = 1460$ m. nad p. m.) nie badano dotąd innych z termometrem w ręku. Letnią ciepłotę powietrza w tej ostatniej oznacza Kolbenheyer[4]) z kilku pomiarów na 7°C.

---

[1]) Zobacz wybornie skreślony artykuł jego pod napisem: Tatry, w XII tomie Słownika geograficznego Królestwa Polskiego, Warszawa 1892. str. 251, kolumna 2.

[2]) Biblioteka warszawska T. II, z r. 1844. str. 257.

[3]) Sam obserwowałem termografem przy Rybiem i gdzieindziej minimum dziennej ciepłoty około 2. po poł., a więc w pobliżu normalnego maximum.

[4]) Die hohe Tatra, 8 Auflage, Teschen 1891. pag. 141.

Digitized by Google

ROZDZIAŁ II.

Zmiany ciepłoty wody na powierzchni jeziora.

Zmiany dzienne. Przysposobienie materyału do badania zmian rocznych.

Już w roku 1890. doszedłem do przekonania, że ciepłota na powierzchni jeziora ulega, zarówno jak ciepłota powietrza, peryodycznym zmianom dziennym. W następnym roku zauważyłem, że ciepłota na różnych punktach jeziora, mierzona równocześnie (dwoma porównanymi termometrami) przez dwie osoby na tratwie i przy brzegu, nie jest w ogóle jednakową. Objaw taki dostrzeżony w r. 1880. na Stawie Czarnym pod Rysami przez E. Dziewulskiego, uważany przezeń za osobliwość tego jeziora [1]) obserwowałem wielokrotnie tak na Rybiem, jakoteż na innych jeziorach tatrzańskich. Występuje on wybitniej zwłaszcza wówczas, gdy obserwator jest tylko jeden i posługuje się tylko jednym termometrem; żeglując bowiem zwolna (jak nie można inaczej) po jeziorze i odczytując w różnych jego punktach ciepłoty, dostrzega on bowiem wówczas różnice wywołane naraz dwiema przyczynami: m i e j s c a i c z a s u. Wspólny skutek obojga, może raz być równym ich sumie, drugi raz ich różnicy, może nawet wszelką pod tym względem zmienność całkowicie zatrzeć. Wybór miejsca, na którem s t a l e miały być mierzone ciepłoty wody nie mógł więc być dla mnie rzeczą podrzędną. Najwłaściwsze, jakby się zdawało, miejsce: środek jeziora, prócz innych ma jeszcze tę wielką niedogodność, że dla pozyskania jednej liczby termometrycznej, należałoby każdym razem wiosłować do połowy jeziora. Niepodobna zatem było myśleć o zebraniu jakiego większego szeregu obserwacyjnego ze samych tylko odczytań termometru, wykonanych na pełnem jeziorze, tem bardziej że prawie wszystkie starsze ciepłoty były odczytywane przy brzegu. Można też oczekiwać, że i przyszłe okolicznościowe pomiary także przy brzegu i to przednim będą wykonywane, jako w miejscu najbliższem schroniska, a więc najporęczniejszem. Te względy praktyczne nakazywały mi pozostać przy dotychczasowym zwyczaju, z tą jedynie zmianą, że zamiast odczytywań wprost z brzegu suchego — gdzie woda jest już całkiem płytką — zarządziłem stałe pomiary z tylnego końca, tratwy uwiązanej przodem do brzegu w zwykłej jej przystani. Przy 10-cio metrowej długości całej tratwy, blizko dwumetrowej długości

[1]) Pamiętnik Tow. Tatrzańsk. Tom. V., Kraków 1880. str. 43.

Digitized by Google

powroza i dość stromym spadku dna jeziora, stawał tył tratwy już na głębokości przeszło 4 metrowej i tu właśnie zanurzanym bywał termometr stale. Za takim wyborem miejsca obserwacyi przemawiały doświadczenia poprzednio zebrane, że ciepłota płytkiej wody tuż przy samym brzegu bywa wśród dnia najczęściej znacznie wyższą od ciecieplóty pełnego jeziora, późnym zaś wieczorem i bardzo wczesnym rankiem niższą od ostatniej, dalej że już w 10-cio lub 15-to metrowej odległości od brzegu, ciepłota wody — *ceteris paribus* — jest prawie dokładnie taką samą co i na środku jeziora. Oto niektóre liczby.

1892. 20. lipca, 12½ p. m. woda na powierzchni w środku stawu 11·0°
10 minut później „ „ 15 m. od brzegu 11·0°
zaraz potem „ „ przy sam. brzegu 12·6°
dzień był ciepły i pogodny.

1892. 21. lipca, 7 p. m. środek jeziora . . . . . 10·6°
zaraz potem ¼ jeziora ku brzegowi . . . . . 10·6°
i tyleż 15 m. od brzegu

1892. 17. lipca, 4½ p. m. Odpływ jeziora (początek Potoku Rybiego) 11·9°
w kilka minut później (sterując ku zwykłemu
miejscu tratwy) . . . . . 12·2°; 12·4°
zaraz potem przy samym brzegu pod schroniskiem 12·9°

1893. 26. lipca, 10¼ a. m. woda przy sam. brzegu . . . . . 13·0°
11½ a. m. (bliżej południa!) środek stawu . . . . 12·2°
oboje w słońcu, które za chwilę skryło się za chmurami.
12 mer. środek stawu . . . . . 12·0° } chmury
1 p. m. „ „ . . . . . 11·8° } chmury
2 p. m. przy samym brzegu . . . . . 11·3° } chmury

itd. Stąd widać, iż dniem, zwłaszcza podczas świecenia słońca, pełne jezioro jest na powierzchni nieco zimniejsze od wody przy samym brzegu, że już w odległości kilkunastu metrów od brzegu woda ciepłotą różni się tylko nieznacznie od ciepłoty na dalszych jego obszarach pod warunkiem, że oboje znajdują się równocześnie w słońcu lub w cieniu, a wreszcie, że za ustaniem insolacyi, role obu miejsc się zmieniają, że więc wówczas woda przybrzeżna ochładza się szybciej, aniżeli na pełnem jeziorze. Że tak jest w istocie, że więc np. późniejszym wieczorem (i nocą) środek jeziora jest cieplejszy od wody przy brzegu, okazują m. i. następujące liczby:

1892. 10. lipca, 7½ p. m. środek jeziora (blizko) . . . . . 11·9° C.
„ „ 15 minut później: blizko brzegu . . . . . 11·7 „
„ „ 15 minut później: jeszcze bliżej (wiosło dosięga dna) 11·4 „
„ „ 15 minut później: przy samym brzegu . . . . . 11·2 „

Digitized by Google

1892. 11. lipca, 8h 20m p. m. środek jeziora . . . . . 12·2° C.
„ „ 8 29 „ blizko brzegu . . . . . 11·9
„ „ 8 31 „ przy samym brzegu . . . . . 11·5
„ 20. lipca { 10½ a. m. tuż przy brzegu . . . . . 11·9
{ 11 „ (bliżej południa) sam środek jeziora 11·6
5 p. m. przy samym brzegu . . . . . 11·2
„ z tyłu tratwy . . . . . 10·6
zaraz potem 40 (±) metr. od brzegu . . . . . 10·6

podczas pogody i świecenia słońca; przeciwnie gdy pochmurno:

1893. 28. lipca 4½ i 5 p. m. środek jeziora . . . . . 12·7°
5½ p. m. już blizko brzegu . . . . . 12·2
zaraz potem przy samym brzegu . . . . . 11·6;

w dni mgliste znikają różnice:

1892. 16. lipca 4½ p. m. środek jeziora . . . . . 10·9°
„ „ 5¾ „ „ . . . . . 10·8
„ „ 6 „ sam brzeg . . . . . 11·0

itd. Wobec tego można było spokojnie poprzestać na pomiarach wykonywanych z tyłu tratwy uwiązanej swym przodem do brzegu. Różnice, których część dopiero przytoczyłem, tłómaczę sobie z jednej strony silnem rozgrzewaniem się skał przybrzeżnych w czasie bezpośredniej insolacyi, jako też większym tutaj spokojem wody, z drugiej zaś nocnem (i wieczornem) promieniowaniem gruntu, wywołującem szybsze ostyganie płytkiej wody przy brzegu.

Jako przykład dziennych zmian ciepłoty wody (na zwykłem stanowisku) jeziora przytaczam następujące liczby:

1892. 20. lipca 4h p. m. . . . . 10·6° C.
„ 8 „ . . . . . 10·5
„ 10 „ . . . . . 10·4
21. lipca 5h a. m. . . . . 10·3
„ 7½ „ . . . . . 10·7
„ 8¾ „ . . . . . 11·0
„ 10 „ . . . . . 11·1
„ 11 „ . . . . . 11·2
„ 11½ „ . . . . . 11·5
„ 1½ p. m. . . . . 11·9
„ 3¼ „ . . . . . 12·0
„ 4½ „ . . . . . 11·8
„ 6¼ „ . . . . . 10·8
„ 7 „ . . . . . 10·6
22. lipca 4¾ a. m. . . . . 10·1

Digitized by Google

które dla dnia 21. lipca 1892. r. dają całkowitą amplitudę dzienną, wynoszącą niecałe dwa stopnie Celsiusza (2° C.) Dzień był dość ciepły o średniem zachmurzeniu 4, ciepłota powietrza (w cieniu) chwiała się w granicach 6·3° (o piątej rano) do 13·1° (wkrótce po południu) tak, iż amplituda dla wody = blizko $^1/_4$-tej amplitudy powietrza.

Do bliższego wyznaczenia głównych bodaj faz zmian dziennych, o których mowa, może obecnie posłużyć jedyny dotąd, nieco dłuższy, ciągły i systematyczny 46-cio dniowy szereg obserwacyj, który w sierpniu i wrześniu 1892. r. na wskazanem przeze mnie miejscu, jednym i tym samym termometrem, wykonali pp. Aleksandrowicz, Borowski, Kabicz i Magiera do tej czynności przeze mnie uproszeni, o czem już powyżej wspomniałem. Na ten szereg wypadnie nam jeszcze kilkakrotnie się powołać. Ciepłota wody była odczytywana (bezpośrednio po odczytaniu temperatury powietrza, w cieniu na jednem i tem samem miejscu) zrazu 3, później 5 razy dziennie o godzinach uwidocznionych każdym razem w protokole obserwacyjnym (a zbliżonych do 7, 2, 7). Szereg ten nadaje się do naszego celu także z powodu, że odpowiadał on porze niezwykle długiej pogody i połączonych z nią wielkich upałów w drugiej połowie sierpnia, wśród których ruch dzienny ciepłoty na powierzchni jeziora wybitnie mógł wystąpić. Wówczas to ciepłota wody na powierzchni Rybiego (na zwykłem stanowisku) dosięgła niebywałej wysokości 15·9°, jeszcze zaś większej płytka pobrzeżna woda (blizko 17° C).

W celu otrzymania pewnych redukcyj, które później wyłuszczę, biorę na uwagę jedną część tego szeregu. odnoszącą się do pogodnej dziewięciodniówki $\frac{15}{9} - \frac{23}{9}$ 1892. r., w której obie ciepłoty, powietrza i wody, były równocześnie odczytywane prawie w stałych terminach 7^h a., 10^h a., 2^h p., 4^h p., 7^h p. Średnie z dziewięciu odpowiednich liczb (zobacz tabelę karta 234 i nast.) przedstawiają się, jak następuje:

Godzina	czas od północy = x	średnia ciepłota powietrza	średnia ciepłota wody
7·14^h a. m.	7·14	11·57°	10·83°
10·00 „	10·00	13·50	11·54
1·92 p. m.	13·92	14·71	11·97
4·03 „	16·03	14·24	11·58
6·72 „	18·72	12·61	11·13.

Lubo godziny obserwacyjne wypełniają tutaj tylko jedną połowę doby, to przecież — dzięki opieszałemu ruchowi ciepłoty wody — można z tych pięciu par danych, wyprowadzić rachunkiem postać dziennej

Digitized by Google

gałęzi linii krzywej, przedstawiającej ruch dzienny ciepłoty powietrza wzgl. wody w obrębie owych dni dziewięciu.

Dwa wzory peryodyczne o postaci Bessel'owskiej:

$t = a + b \sin 15^0 x + c \cos 15^0 x + d \sin 30^0 x + e \cos 30^0 x$ (dla powietrza), zaś

$\tau = \alpha + \beta \sin 15^0 x + \gamma \cos 15^0 x + \delta \sin 30^0 x + \varepsilon \cos 30^0 x$ (dla wody)

pozwalają — za użyciem 5-ciu powyższych dat obserwacyjnych — wyznaczyć w obu razach współczynniki poszczególnych wyrazów. Rozwiązując pierwszym i drugim razem układ 5-ciu równań o 5-ciu niewiadomych [1]), otrzymujemy dla ruchu temperatury powietrza:

$a = 11{\cdot}858,\ b = -1{\cdot}183,\ c = -2{\cdot}640,\ d = 0{\cdot}009,\ e = -0{\cdot}089,$

zaś dla ruchu temperatury wody:

$\alpha = 11{\cdot}276,\ \beta = -0{\cdot}230,\ \gamma = -0{\cdot}342,\ \delta = 0{\cdot}107,\ \varepsilon = 0{\cdot}353.$

Gdybyśmy zapomocą tych wzorów szukali pory maximum ciepłoty powietrza, względnie wody (przyrównywając pochodne $\frac{dt}{dx}$, względnie $\frac{d\tau}{dx}$ do 0), to do otrzymanych wyników ($1\frac{3}{4}$ p. m. dla powietrza, 1^h p. m. dla wody) nie moglibyśmy oczywiście przywiązywać większego znaczenia i wnosić stąd coś więcej, jak tylko że maxima obu temperatur przypadają prawie równocześnie. Nie co innego okaże się zresztą także i z dyskusyi całego szeregu obserwacyjnego, jak to niebawem zobaczymy.

Bezpieczniejsze nieco będą wnioski, jakie z tych wzorów dadzą się wyprowadzić dla pory dnia, w której tak powietrze jak i woda osiągają maximum ruchu, a raczej chyżości samej temperatury. Rzeczone chyżości, tj. pochodne $v = \frac{dt}{dx}$ względnie $\varphi = \frac{d\tau}{dx}$ dadzą się według poprzedniego z łatwością wypisać; kładąc następnie pochodne $\frac{dv}{dx}$, względ. $\frac{d\varphi}{dx}$ równemi zeru i rozwiązując (próbami) obydwa otrzymane równania warunkowe (gdzie krótko $15^0 x = \theta$ położyłem)

$b \sin\theta + c \cos\theta + 4 d \sin 2\theta + 4 e \cos 2\theta = 0$ (dla powietrza), zaś

$\beta \sin\theta + \gamma \cos\theta + 4\delta \sin 2\theta + 4\varepsilon \cos 2\theta = 0$ (dla wody),

otrzymamy w obu razach podwójne rozwiązanie, dla powietrza

[1]) Gdyż z powodu braku nocnych obserwacyj nie można było użyć zwykłych, a łatwiejszych metod wyznaczania tych stałych.

Digitized by Google

$x_1 = 7{\cdot}27^h$ a. m., $x_2 = 19{\cdot}84^h = 7{\cdot}84^h$ p. m.,

zaś dla wody

$x_1 = 9{\cdot}40^h$ a. m., $x_2 = 16{\cdot}04^h = 4{\cdot}04^h$ p. m.

Są to pory ranne i wieczorne, w których tu i tam temperatura najszybciej się zmienia. Dla obu występuje, jak widzimy, tak znaczna różnica fazy jednego i tego samego objawu, że chociażbyśmy na niepewność samego wyznaczenia ilościowego nawet połowę jej wartości przeznaczyli, to zawsze jeszcze pozostałaby w pierwszym razie przeszło godzina, w drugim blizko dwie godziny czasu. Przeszło dwugodzinne ($9{\cdot}40 - 7{\cdot}27 = 2{\cdot}13^h$) opóźnienie się rannej fazy dla wody, jako też blizko 4-godzinne ($7{\cdot}84 - 4{\cdot}04 = 3{\cdot}80^h$) przyspieszenie wieczornej fazy dla niej, uważam — gdyby nawet liczby te miały kiedy uledz zmianom — za bezpośredni skutek górzystego otoczenia naszego jeziora, którego wody późnym dopiero rankiem spotykają się z promieniami słońca, a już wczesnym wieczorem w cień zapadają. Nieporównanie swobodniejsze ruchy powietrza umożebniają już dosyć wczas rano żwawszy ruch rtęci w termometrze i to chociażby cała kotlina jeziora jeszcze w cieniu była pogrążona; dopóki jednak promienie słońca, minąwszy otaczające grzbiety górskie, nie padną wprost na jezioro, sama tymczasem już podniesiona temperatura powietrza nie jest w stanie (przy tępem ogrzewaniu się z góry wszystkich cieczy) obudzić żywszego ruchu ciepłoty na wodzie. Nietyle więc pośredni wpływ temperatury powietrza, ile bezpośrednia insolacya[1]) decyduje o zmianach termicznych na powierzchni jeziora: obie

[1]) Wiadomem jest, (z poszukiwań p. p. Angot'a, Hann'a i innych), że insolacya jest znacznie większą w miejscowościach górzystych aniżeli po nizinach. Z Tatr pod tym względem nie posiadamy dotąd żadnych ilościowych oznaczeń; zapewne nie będą one jednak odmiennemi od objawów gdzieindziej już zbadanych. Wszystkim turystom tatrzańskim dobrze znanem jest dokuczliwe promieniowanie słońca podczas spinania się na szczyty albo wyższe przełęcze (Waga, Zawrat, Polski-Grzebień), gdy równocześnie w cieniu termometr pokazuje ledwo kilka stopni nad zerem. Szczupły zasób takich dorywczych pomiarów dla Tatr posiadam, nie widzę jednak potrzeby przytaczania go tutaj. Wspomnę tylko, że 25. marca 1891. znalazłem (przy Rybiem) ciepłotę w cieniu — 5·5° C, a równocześnie (1^h p. m.) + 5·2° w słońcu! Z dachu schroniska pokrytego śniegiem spływała obficie woda; u przeciwnej *(N)* połaci dachowej nawet sopli nie było.

Wpływ potężnej insolacyi na nagie zbocza górskie w Tatrach może być tak wielkim, że przy sprzyjających warunkach może nawet wywołać złudzenia optyczne znane pod nazwą fata morgana, oglądane m. i. dnia 9. sierpnia 1893. przez mnóstwo osób w Zakopanem, skąd górale wysnuwali przepowiednie niepomyślne, zapewniając, iż takie zjawiska były zawsze zwiastunami jakichś przewrotów meteorologicznych. Wkrótce, bo 11. i 12. sierpnia 1893., nastąpiły powodzie na Podhalu, a to utwierdziło ich tem mocniej w takiem przekonaniu.

Digitized by Google

temperatury są o tyle tylko wzajemnie od siebie zawisłe, o ile same znowu zależą od pochłaniania ciepłych promieni słońca przez grunt stały, względnie przez wodę. Poznamy w następstwie inne jeszcze objawy, które nas jeszcze bardziej utwierdzą w tej mierze.

Podług wzoru na τ, ciepłoty wody w godzinach rannych i popołudniowych będą (podczas uważanej dziewięciodniówki średnio)

Godz.	ciepłota	i	i'
6^h a. m.	10·693^0	1·055	1·028
8 „	10·973	1·028	1·014
10 „	11·541	0·977	0·989
12 mer.	11·971	0·942	0·971
2 p. m.	11·956	0·943	0·972
4 „	11·562	0·975	0·988
6 „	11·153	1·011	1·006
8 „	11·035	1·022	1·011,

gdzie zarazem, w trzeciej kolumnie umieszczone są wartości ilorazu

$$i = \frac{\text{średnia temperatura dnia}}{\text{temperatura godziny}};$$

w czwartej wartości podobnego ilorazu, o którym za chwilę. Średnią temperaturą dnia jest w obecnym konkretnym przypadku liczba 11·276, jaką znaleźliśmy powyżej jako wartość współczynnika α. Z ostatniej tabelki można znaleźć wartość ilorazu i w pośrednich godzinach zapomocą interpolacyi. Ze sposobu powstawania tych liczb widać, że mnożąc obserwowaną w pewnej godzinie temperaturę wody przez odpowiadającą jej wartość ilorazu i, otrzymamy średnią dzienną, oczywiście w przybliżeniu. Mając dwie, trzy, lub więcej takich obserwowanych temperatur „nieterminowych“, t. j. odczytanych w terminach niestałych, znajdziemy dla każdej z nich tym sposobem średnią dzienną (przybliżoną): utworzona z takich wartości przeciętna będzie szukaną średnią dzienną już dostatecznie dokładną.

Liczby kolumny 3-ciej mają jednak znaczenie tylko dla dni pogodnych, w których insolacya jeziora odbywa się przez większą część dnia bez przeszkody chmur lub mgły, o średniem zachmurzeniu blizkiem 4. W dni pochmurne lub mgliste ginie prawie zupełnie fala dziennych zmian temperatury wody, jak o tem przekonałem się wielokrotnie (np. 6. i 7. sierpnia 1891.; 13., 14., 18., 19. lipca 1892.; 30. lipca i 1. sierpnia 1893.), a wartością ilorazu i jest wówczas jednostka. Oczywista więc, że w dniach o słabej insolacyi (przy średniem zachmu-

Digitized by Google

rzeniu 7 ±) wartości tego ilorazu będą leżały pomiędzy wartościami naszej kolumny 3-ciej a jednostką. Dla dni o takim typie zachmurzenia, będzie więc rzeczą najwłaściwszą, za „czynnik redukcyjny“ *i* przyjąć wartość $\frac{1}{2}(1+i)$ bardziej zbliżoną do jedności; liczby odpowiadające różnym godzinom dnia umieściłem od razu pod nagłówkiem *i'* w ostatniej tabelce (kolumna 4.).

Wyłuszczony tutaj proces redukcyjny, mający chociażby w przybliżeniu umożebnić znalezienie średniej dziennej z nieterminowych odczytań ciepłoty wody, nie będzie wprawdzie wolnym od drobniejszych niepewności zwłaszcza wówczas, gdy sama insolacya ulegała wśród dnia znaczniejszym i nieregularnym zmianom, ale wobec stanu materyału obserwacyjnego niema na to już żadnej rady. Zresztą rzecz nie przedstawia się tutaj tak źle, jakby się to mogło wydawać. W pogodnych dniach letnich amplituda temperatury wody na powierzchni Rybiego dochodzi tylko całkiem wyjątkowo wartości 3°, zazwyczaj nie wynosi ona i połowy tej wartości, a w dni pochmurne lub mgliste — najczęstsze w kotlinie Rybiego — nie przekracza ona nawet jednego stopnia. Niezupełna pewność czynników redukcyjnych *i, i'* posiada zatem, wobec małości szukanych poprawek, tylko drugorzędne znaczenie. Zredukowane takim sposobem pojedyncze ciepłoty, nie będą zresztą posiadały dla nas znaczenia jakichś ostatecznych wyznaczeń, ale wejdą tylko, jako pojedyncze ogniwa, do całego szeregu liczb, którego dopiero całość poddamy dalszemu rozważaniu. Wyrównanie rachunkowe, które następnie zarządzę, pozwoli wówczas w największej części uchylić pozostałe niezgodności między odrębnemi liczbami. Bez wspomnianego środka redukcyjnego (mimo to nawet, iż jest on tylko przybliżeniem!), dość spory, ale niesystematyczny materyał obserwacyjny, jaki okolicznościowo zebrali Kořistka, Kolbenheyer, Dziewulski, Świerz, Roth, Grissinger i inni, musiałby pozostać niespożytkowanym.

Nie zawadzi przykład, objaśniający praktykę wykonania rzeczonych redukcyi. Dnia 6. sierpnia 1891. znalazłem następujące ciepłoty powietrza i wody na powierzchni Rybiego:

	powietrze	woda
10^h a. m.	13·7°	10·0°
$2\frac{3}{4}^h$ p. m.	9·7°	10·2°
$4\frac{1}{2}^h$ p. m.	8·7°	9·8°;

dzień był w ¾ pochmurny, więc czynniki redukcyjne będą miały wartości 0·989, 0·978 i 0·993. Mnożenie daje następujące trzy liczby: 9·89; 9·98 i 9·73, z których średnia 9·87° będzie niezawodnie już bardzo zbliżoną do rzeczywistej średniej dziennej. W ten sposób, dość mo-

Digitized by Google

zolny, przeszedłem cały materyał obserwacyjny, bądź przeze mnie, bądź też przez innych przygodnie zebrany. W tym ostatnim razie najczęściej średnia dzienna, której szukamy, mogła być podaną tylko na podstawie jednorazowego odczytania termometru w wodzie.

Zobaczymy zresztą poniżej, że dyskusya obfitszego materyału obserwacyjnego dostarczy nam, dzięki odczytywaniu przez obserwatorów równoczesnej temperatury powietrza, jeszcze drugiego środka — nie gorszego od pierwszego — ażeby rzeczoną redukcyę w dostatecznem przybliżeniu wykonać.

Poruszona już wpierw kwestya pory dnia, w której zachodzi maximum ciepłoty wody, daje się zapomocą nawet całego materyału obserwacyjnego ustalić dzisiaj z miernem tylko przybliżeniem. Najodpowiedniejszy, jak dotąd, do tego celu jest 46-cio dniowy szereg obserwacyjny z sierpnia i września 1892. r., kiedy to, dzięki długotrwałej pogodzie maxima tak ciepłoty powietrza, jak i wody, mogły wyraźnie wystąpić. Średnie z 46 rannych, 46 popołudniowych i tyluż wieczornych odczytań równoczesnej ciepłoty powietrza i wody, dają dla środkowej epoki (= 31. sierpnia 1892.) następujące liczby:

	powietrze	woda
$7{\cdot}05^h$ a. m.	$14{\cdot}261^0$	$11{\cdot}898^0$
$1{\cdot}86^h$ p. m. = $13{\cdot}86$ a. m. .	$16{\cdot}907^0$	$13{\cdot}163^0$
$6{\cdot}54^h$ p. m. = $18{\cdot}54$ a. m. .	$15{\cdot}028^0$	$12{\cdot}380^0$.

Kładąc (czas $- 7{\cdot}05^h$) $= x$, otrzymamy stąd wzory empiryczne dla dziennego wzgórka całej fali dziennych zmian ciepłoty

powietrze . . $t = 14{\cdot}261^0 + 0{\cdot}85680\ x - 0{\cdot}06876\ x^2$,
woda . . . . . $\tau = 11{\cdot}898^0 + 0{\cdot}39502\ x - 0{\cdot}03073\ x^2$;
warunki . . . $\frac{dt}{dx} = 0, \frac{d\tau}{dx} = 0$ dadzą teraz
epoka maximum ciepłoty powietrza . . . . $1{\cdot}28^h$ p. m.
epoka maximum ciepłoty wody . . . . . $1{\cdot}48^h$ p. m.,

skąd wynikałoby, iż woda jeziora osięga maximum swojej ciepłoty o $(1{\cdot}48 - 1{\cdot}28) = 0{\cdot}20^h$, t. j. 12 minut później od maximum ciepłoty powietrza. Ta drobna różnica fazy nie daje jednak rękojmi rzeczywistości; odmienne bowiem traktowanie tego samego materyału obserwacyjnego daje mi na rzeczone opóźnienie tylko $0{\cdot}09^h$, to jest 5 minut, a dziewięciodniowy materyał ze środka września 1892. r. (dla którego istnieją pięciokrotne dzienne odczytania obu ciepłot) obliczony metodą Bessel'a (zobacz wyżej). doprowadza nawet do wniosku istnienia rzekomego przyspieszenia omawianej fazy. Najbezpieczniej będzie zatem

Digitized by Google

przyjąć, że dzienne maximum temperatury wody zachodzi prawie równocześnie z maximum temperatury powietrza, albo też, że istnieje co najwyżej $\frac{1}{4}$ godzinne opóźnienie tego maximum względem pory maximum powietrza.

Zawsze jeszcze niezbyt zasobny materyał obserwacyj hydrotermicznych, którym rozporządzamy do tej chwili, nie pozwala na traktowanie tej rzeczy takie, jakie zazwyczaj w poszukiwaniach używa się czysto meteorologicznych. Jednakże małość zmian dziennych w ciepłocie wody — kilka razy mniejszych od podobnych zmian w temperaturze powietrza — zmniejsza znacznie naszą niepewność w tej mierze. Sądzę, że nie zawadzi jedna i druga wskazówka dla przyszłych pomiarów termometrycznych, tutaj pory dnia, w której — ogólnie biorąc — najwłaściwiej je wykonywać. Zważmy, iż przy normalnym przebiegu zmian dziennych, ciepłota wody musi być dwa razy w ciągu doby równą samejże średniej dziennej. Dla pory dnia, w której to mniej więcej występuje — przynajmniej w ciągu pogodniejszych dni letnich — wzór Bessel'a z warunkiem $\tau = \alpha$ dostarcza określającego te pory równania:

$$-0{\cdot}2298\ sin\ \theta - 0{\cdot}3416\ cos\ \theta + 0{\cdot}1068\ sin\ 2\theta + 0{\cdot}3530\ cos\ 2\theta = 0,$$

które daje dwa rozwiązania $\theta_1 = 136{\cdot}4^0$ i $\theta_2 = 258{\cdot}9^0$, odpowiadające godzinom $9{\cdot}09^h$ a. m. i $5{\cdot}26^h$ p. m. Odczytane w pobliżu 9-tej (nie 7-ej) rano, albo wkrótce po 5-tej popołudniu ciepłoty wody Rybiego będą więc już same przez się bardzo zbliżone do średniej dziennej; w dni pochmurne i słotne odpada i ten zachód przestrzegania takich terminów, gdyż ciepłota wody jest wówczas prawie niezmienną. Średnia z trzech dziennych odczytań, wykonanych w pobliżu 7^h a., 2^h p., 7^h p. ($x = 7,\ 14,\ 19$) daje średnią dzienną z dokładnością ułamka jednej dziesiętnej. Przyjmując tę średnią ogólną ($=\alpha$) i biorąc kolejno $\theta = 105^0$, 210^0, 285^0, otrzymamy bowiem według wzoru Bessel'a

$$\tau_7 = \alpha - 0{\cdot}493,\quad \tau_{14} = \alpha + 0{\cdot}680,\quad \tau_{19} = \alpha - 0{\cdot}226,$$

skąd

$$\tfrac{1}{3}(\tau_7 + \tau_{14} + \tau_{19}) = \alpha - 0{\cdot}013^0$$

i odwrotnie

$$\alpha = \tfrac{1}{3}(\tau_7 + \tau_{14} + \tau_{19}) + 0{\cdot}013^0.$$

Zbliżenie to obu ilości będzie zachodziło tem bardziej w ciągu dni pochmurnych.

Związek pomiędzy ciepłotami t i τ. Najpierwsi już obserwatorowie ciepłoty jezior tatrzańskich przeczuwali widać istnienie jakiegoś związku pomiędzy temperaturami t i τ, skoro tak oni, jak i wszyscy następni,

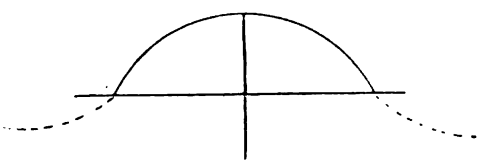
Digitized by Google

prócz ciepłoty wody notowali równoczesną ciepłotę powietrza. Jeżeli zważymy, że obie ciepłoty ulegają równocześnie zmianom nietylko dziennym i rocznym, więc okresowym (peryodycznym), ale także nieokresowym, zależnym od indywidualności termicznej dnia, miesiąca, roku, to z góry można przewidzieć, że związek rzeczony z trudem da się wyśledzić. Zwykła, w podobnych razach używana metoda, ażeby najpierw obydwa zjawiska rozważać niezawiśle od siebie, starać się je przedstawić — w ich normalnym pochodzie — jako odrębne funkcye trzeciej zmiennej ilości, mianowicie czasu, a wreszcie dopatrywać zależności pomiędzy obiedwiema funkcyami, metoda taka, powtarzam, jest niezawodnie wyborną co do zjawisk n. p. czysto meteorologicznych, gdzie obfity i jednostajny materyał obserwacyjny pozwala swobodnie, a nawet rozrzutnie operować średniemi z tysięcy liczb, grupować je według godzin, dni, miesięcy, miejsc obserwacyi i t. d. Tyle razy szczuplejszy zasób obserwacyi hydrotermicznych nie pozwalał myśleć o zastosowaniu takiej metody dla jezior tatrzańskich, a to tem bardziej wówczas, gdy nie chodzi o równoczesne wyznaczenie przebiegu o b u zjawisk, lecz przedewszystkiem jednego z nich tylko. Wielka zmienność czynników meteorologicznych wogóle, w szczególności zaś ciepłoty powietrza w Tatrach, nie pozwalała łudzić się, że poznanie przebiegu zmian jej w głębi gór da się uzyskać zapomocą obserwacyi mniej niż 10-cio letnich i to systematycznie prowadzonych, n. p. na stacyi w pobliżu jeziora umieszczonej, co pewnie jeszcze długo zostanie pobożnem życzeniem.

Zamiast zwyczajnej metody potrzeba więc było chwycić się sposobów odmiennych, któreby pozwoliły wejrzeć bezpośrednio w jakość obopólnej zależności obu zmiennych temperatur, pozostawiając trzeci zmienny element, czas, na planie odleglejszym. Wiedziałem z góry, iż na tej drodze nie da się postępować szablonowo, i że potrzeba będzie zapuścić się w mozolne rachunki, biorąc w rękę każdą z osobna liczbę obserwacyjną. Wynik obliczeń, które wykonałem z wszelką możebną oględnością, a które w zwięzłem streszczeniu niżej podaję, nagrodził mi pracę w nie włożoną i pozwolił ustalić przynajmniej główny rys związku przyczynowego pomiędzy obydwoma temi zjawiskami. Będę się czuł zadowolony, jeżeli to pierwsze usiłowanie wydobycia p r a w a z gromady bezładnych liczb, wywoła później sprostowanie, uzupełnienie i ulepszenie. Oparłem badanie na obserwacyach 46-cio dniowych z sierpnia i września 1892. r., który to szereg najdłuższy z dotychczasowych, zawiera przeszło 150 pojedynczych odczytań termometru we wodzie i tyluż równoczesnych (kilku minutami wcześniejszych) odczytań w ocienionem powietrzu. Ponieważ obserwacye nie były

Digitized by Google

ściśle terminowemi, jakkolwiek w całości odnosiły się do czasów bliskich 7^h a., 2^h p., 7^h p., nie mogłem się zdecydować na uważanie ich za dokładnie terminowe i już bezpośrednie odczytania łączyć w jakieś średnie. Okoliczność — a wypadła mi ona bardzo na rękę — że w ciągu całego tego czasu panowała przy Rybiem prześliczna pogoda, która pozwalała ruchowi ciepłoty powietrza i wody rozwinąć się bez przypadkowych zaburzeń, skłoniła mię do rozpatrywania „półfali" dziennej (t. j. wzgórka dziennego fali, przedstawiającej ciepłotę w ciągu całej doby) z osobna na każdy dzień i to według jednego i tego samego schematu dla wszystkich. Część linii falistej, sięgająca od godziny 7-mej (±) rano do 7-mej (±) wieczorem, rysuje się na termometrografach — przy niezamąconym przebiegu zjawiska — jako część paraboli z wierzchołkiem ku górze zwróconym i osi pionowej (Ryc. 1.). Położenie i rozmiary takiej paraboli dadzą się wyznaczyć już zapomocą trzech par współrzędnych (tutaj czasu jako odcinka x i temperatury y): tyleż właśnie znajdujemy w każdym dniu [1]) obserwacyi, t. j. ile potrzeba, aby tak położenie, jakoteż wielkość jednej i drugiej paraboli określić.



Rycina 1.

Szczegóły postępowania i przykład objaśnią rzecz lepiej, aniżeli długie opisy. Dnia 8. sierpnia 1892. roku odczytano:

czas	ciepłota powietrza	ciepłota wody
$6^h\ 50^m$ rano	14·9°	11·2°
$1^h\ 35^m$ popołudniu	15·8°	11·7°
$6^h\ 15^m$ wieczór	13·4°	10·8°,

a tutaj trzy liczby drugiej kolumny dają się, jako funkcya liczb pierwszej kolumny, przedstawić jako parabola

$$t = 14{\cdot}9^0 + 0{\cdot}5125\,(x - 6{\cdot}8) - 0{\cdot}0559\,(x - 6{\cdot}8)^2,$$

gdzie x jest liczbą godzin upłynionych od ostatniej północy. Tak samo liczby trzeciej kolumny, jako funkcyi liczb kolumny pierwszej, dają (dla wody) parabolę:

$$\tau = 11{\cdot}2 + 0{\cdot}2302\,(x - 6{\cdot}8) - 0{\cdot}0230\,(x - 6{\cdot}8)^2,$$

przyczem rozumie się samo przez się, że wzorów takich nie wolno

[1]) W kilkunastu dniach wykonano po 4 lub po 5 takich podwójnych odczytań.

Digitized by Google

używać do extrapolacyi. Podobnie z danych obserwacyjnych w dniu n. p. 12. sierpnia 1892. r. obliczają się dwa inne wzory, a mianowicie:

$$t = 15{\cdot}9 + 0{\cdot}4069\,(x - 7{\cdot}5) - 0{\cdot}0316\,(x - 7{\cdot}5)^2,$$
$$\tau = 11{\cdot}8 + 0{\cdot}3475\,(x - 7{\cdot}5) - 0{\cdot}0272\,(x - 7{\cdot}5)^2,$$

i t. d. i t. d.

Dla 46 dni obliczyłem razem $2.46 = 92$ takich wzorów, umożebniających interpolacyą, którą możnaby nazwać „paraboliczną". W dwóch dniach ta lub owa liczba obserwacyjna wydawała mi się nieco wątpliwą, w trzech innych dniach, skutkiem silnego wiatru lub deszczu, nastąpiło przemijające zaburzenie w regularnym pochodzie obu ciepłot; liczby z tych dni wykluczyłem od następujących rachunków.

Którąkolwiek parę takich przynależnych do siebie wzorów będziemy pisali ogólnie

$$t = t_o + a\,(x - x_o) - b\,(x - x_o)^2,$$
$$\tau = \tau_o + \alpha\,(x - x_o) - \beta\,(x - x_o)^2,$$

gdzie t_o, τ_o, a, b,... są stałemi w ciągu dnia, ale zmiennemi od dnia do dnia.

Widoczna już z tabelarycznego zestawienia zależność tak samych temperatur t, τ, jakoteż i ich ruchów od siebie, nasunęła mi blizkie przypuszczenie, że pomiędzy współczynnikami a, b, α, β istnieje jakaś zależność. Domysł ten został potwierdzony w następujących obliczeniach, zasadzających się na całym szeregu obserwacyjnym.

Tabelka poniższa zawiera 5 kolumn: 1) liczbę bieżącą, 2) datę, 3) wartość każdorazową stosunku $\frac{b}{a}$, 4) równoczesną wartość stosunku $\frac{\beta}{\alpha}$, 5) przybliżoną średnią dzienną temperaturę powietrza.

L. bieżąca	1892.	$\frac{b}{a}$	$\frac{\beta}{\alpha}$	przybliżona średnia dzienna
1.	8. sierpnia	0·109	0·100	14·4° C.
2.	9. „	0·067	0·077	14·5
3.	10. „	0·093	0·031	15·0
4.	11. „	0·090	0·088	16·5
5.	12. „	0·078	0·078	16·3
6.	13. „	0·019	0·100	14·7
7.	14. „	0·072	0·080	16·1
8.	15. „	0·075	0·076	17·2

Digitized by Google

L. bieżąca	1892.	$\frac{b}{a}$	$\frac{\beta}{\alpha}$	przybliżona średnia dzienna
9.	16. sierpnia	0·063	0·060	18·4° C.
10.	17. „	0·059	0·070	18·7
11.	19. „	0·120	0·117	23·0
12.	20. „	0·090	0·102	23·0
13.	21. „	0·098	0·067	22·8
14.	22. „	0·137	0·085	17·4
15.	23. „	0·071	0·060	15·1
16.	24. „	0·078	0·095	17·7
17.	25. „	0·084	0·112	18·0
18.	26. „	0·094	0·088	13·7
19.	28. „	0·049	0·071	15·5
20.	29. „	0·092	0·071	17·4
21.	30. „	0·080	0·056	18·3
22.	1. września	0·086	0·075	14·7
23.	2. „	0·082	0·065	15·0
24.	3. „	0·070	0·081	14·1
25.	4. „	0·100	0·071	14·9
26.	5. „	0·103	0·115	14·6
27.	6. „	0·078	0·076	14·8
28.	7. „	0·125	0·108	9·4
29.	8. „	0·071	0·095	9·5
30.	10. „	0·073	0·058	10·3
31.	12. „	0·064	0·071	12·7
32.	13. „	0·075	0·064	15·9
33.	14. „	0·094	0·072	16·3
34.	15. „	0·069	0·095	12·4
35.	16. „	0·074	0·067	14·6
36.	17. „	0 074	0·088	13·0
37.	19. „	0·071	0·074	13·0
38.	20. „	0·067	0·070	9·0
39.	21. „	0·087	0·076	11·5
40.	22. „	0·111	0·115	14·1
41.	23. „	0·079	0·087	11·7
Summa		3·371	3·307	
		0·0822	0·0807	
Średnia (t. j. $\frac{1}{41}$) okrągło .		0·082	0·081 .	

Otrzymujemy więc średnie obu stosunków $\frac{b}{a}$ i $\frac{\beta}{\alpha}$ prawie całkiem

Digitized by Google

równe, co naprowadza nas na myśl, że wartości obu ilorazów $\frac{b}{a}$ i $\frac{\beta}{\varkappa}$ będą zapewne w każdym poziomym wierszu esencyonalnie równe, a że niezupełna ich zgodność w powyższej tabelce pochodzi z nieuniknionych perturbacyj obu ciepłot, jakoteż zapewne także z użycia metody interpolacyjnej. Istotnie, wprost już z tabelki widać, że liczby stosunkowe, znajdujące się w jednym i tym samym wierszu poziomym, parami są prawie równe; występuje to jeszcze wyraźniej, gdy poprzednie zestawienie podzielimy (porządkiem liczb bieżących, a więc bez żadnego doboru celowego) na 4 grupy w przybliżeniu prawie równe (10, 10, 10, 11) i utworzymy z nich średnie. Znajduje się:

	$\frac{b}{a}$	$\frac{\beta}{\varkappa}$	różnica
grupa 1—10	0·073	0·076	— 0·003
„ 11—20	0·092	0·087	+ 0·005
„ 21—30	0·087	0·080	+ 0·007
„ 31—41	0·078	0·080	— 0·002

Widać stąd z dostateczną wyrazistością, iż stosunki $\frac{b}{a}$ i $\frac{\beta}{\varkappa}$ stają się równocześnie nieco większymi lub mniejszymi i że ich wartości będą niezawodnie — ze znacznem przybliżeniem — całkiem równe. Jeżeli bowiem istotnie zachodziłaby między nimi pewna różnica, to z powyższego mielibyśmy prawo wnosić, iż nie dosięgałaby ona wartości $\pm \frac{1}{2}(0{\cdot}0822 - 0{\cdot}0807) = \pm 0{\cdot}0007$. Nie wynika stąd jeszcze, ażeby iloraz $\frac{b}{a}\left(=\frac{\beta}{\varkappa}\right)$ miał posiadać w rozmaitych dniach lub porach roku wartości całkiem jednakowe: wnosząc z daleko mniejszej zgodności liczb tabelki w kierunku pionowym, aniżeli poziomym, możnaby dopatrywać zmienności tych równych stosunków, n. p. wraz z samą temperaturą, o co jednak w tej chwili nie chodzi. Wystarcza tutaj poznanie dopiero co pozyskane, że stosunki rzeczone są, z wysokim stopniem prawdopodobieństwa, każdym razem sobie równe, a to dostarczy nam zaraz pożądanego bardzo środka, do rozplątania dość zawikłanych stosunków termicznych, o których tutaj mówimy.

Różniczkowanie ogólnych naszych wzorów względem czasu x daje

$$dt = [a - 2b(x - x_0)]\,dx, \quad d\tau = [\varkappa - 2\beta(x - x_0)]\,dx,$$

skąd

Digitized by Google

$$\frac{d\tau}{dt} = \frac{\alpha - 2\beta(x - x_o)}{a - 2b(x - x_o)} = \frac{\alpha}{a} \cdot \frac{1 - 2\frac{\beta}{\alpha}(x - x_o)}{1 - 2\frac{b}{a}(x - x_o)},$$

a że stosunki $\frac{\beta}{\alpha}$ i $\frac{b}{a}$ są prawie dokładnie równe, przeto po prostu

$$\frac{d\tau}{dt} = \frac{\alpha}{a} = \text{stałej},$$

gdzie ilość $\frac{\alpha}{a}$ jest stałą w ciągu dnia, może być jednak zmienną od dnia do dnia; innemi słowy, jest ona stałą w obrębie dziennego okresu, może być jednak zmienną w obrębie okresu rocznego. Oznaczając ją krótko głoską γ, będzie

$$d\tau = \gamma \, . \, dt,$$

co integrując, znajdujemy

$$(A) \qquad \tau = \gamma t + \delta,$$

gdzie δ jest stałą integracyi. Z przebiegu dedukcyi tego równania widać, że obie ilości γ, δ mogą zależeć już tylko od średniej dziennej ciepłoty powietrza, a względnie i od jego średniej miesięcznej.

Związek znaleziony tutaj, a wyrażony przez zasadniczy dla nas wzór *(A)*, jest ważnym głównie z powodu, że pozwala on dzienne zmiany ciepłoty wód jeziora na powierzchni uczynić wprost zależnemi od dziennych zmian ciepłoty powietrza, skutkiem czego kwestyę dziennego ruchu ciepłoty wody można uważać za załatwioną przynajmniej w głównym jej zarysie, dzięki uwolnieniu się od trzeciej zmiennej ilości, t. j. czasu x. Ewentualna drobna różnica pomiędzy wartościami ilorazów $\frac{b}{a}$ i $\frac{\beta}{\alpha}$, nie przekraczająca wartości ułamka $\pm 0{\cdot}0007$ (jak to widzieliśmy), wywołałaby malutką modyfikacyę wzoru *(A)*, o której teraz byłoby przedwczesnem cokolwiek przypuszczać. Niżej umieszczam jeszcze kilka uwag w tej mierze.

Wnoszę stąd dalej, że teoretycznie biorąc, już dwukrotna obserwacya równoczesnych temperatur wody i powietrza może doprowadzić do wyznaczenia stałych γ, δ, cechujących każdy dzień pod względem hydrotermicznym; dalej, że znając prócz tego skądkolwiek średnią dzienną t' ciepłoty powietrza, można natychmiast podać średnią dzienną τ' ciepłoty wody. Dla godzin 1, 2, 3..... jest bowiem kolejno:

$$\tau_1 = \gamma t_1 + \delta, \quad \tau_2 = \gamma t_2 + \delta, \quad \tau_3 = \gamma t_3 + \delta, \ldots\ldots$$

czego suma podzielona przez 24 daje

Digitized by Google

$$\tau' = \gamma t' + \delta,$$

przyczem γ, δ należy wyznaczyć przynajmniej z dwóch, dostatecznie odległych od siebie obserwacyj (n. p. z wczesnego rana i godzin zaraz popołudniu następujących). Oczywista, że tem pewniejszą wartość znajdzie się na średnią τ' (oraz na stałe γ, δ), im liczniejsze będą odczytania (równoczesne) obu temperatur t, τ, a to pomimo, że nie będą się one stosowały do żadnych stałych terminów.

Niestety, prócz materyału nowszego, reszta pomiarów nie była wykonywaną z jasną świadomością celu, do jakiego mogły one kiedyś służyć. Żałować należy, że nawet wykształceni turyści (jak n. p. prof. Kolbenheyer) zadawalali się prawie zawsze jednorazowem tylko odczytaniem temperatury na powierzchni jeziora.

Zanim postąpimy dalej, zobaczmy jeszcze, czy obydwa prawie równe stosunki $\frac{b}{a}$ i $\frac{\beta}{\alpha}$, ewentualnie ich różnica, nie wykazują jakich wyraźniejszych śladów zmienności ze samą temperaturą powietrza. W tym celu dołączyłem od razu do naszej tabeli kolumnę 5-tą, która zawiera w sobie przybliżone średnie dzienne temperatury *(t')* powietrza; są to średnie z trzech terminów 6^h a. m., 1^h p. m., 7^h p. m., które w stosunkach klimatycznych Doliny Rybiego tworzą kombinacyę dosyć właściwą, a zalecają się tem jeszcze, że są bardzo zbliżone do rzeczywistych czasów obserwacyjnych, jakie były tam zachowywane w sierpniu i wrześniu 1892. Słaba zmienność z temperaturą tych ilorazów — jeżeli wogóle ona istnieje — nie żąda zresztą wygórowanej dokładności argumentu t', od którego, być może, że jest zależną. Rzeczone średnie t' obliczyłem ze zasadniczych 41 wzorów interpolacyjnych, kładąc w nich po kolei $x = 6, 13, 19$.

Jeżeli liczby naszej tabelki uporządkujemy według wzrastających temperatur dziennych (poczynając od wiersza 38-go z temperaturą 9·0°, a kończąc na wierszu 12-tym z temperaturą 23·0°) i z całości utworzymy cztery grupy po 10 liczb (ostatnia 11), to otrzymamy zestawienie:

	$\frac{b}{a}$	$\frac{\beta}{\alpha}$	różnica	średnia ciepłota grupy
1. grupa	0·0771	0·0822	— 0·0051	11·2°
2. grupa	0·0811	0·0894	— 0·0083	14·4°
3. grupa	0·0804	0·0680	+ 0·0124	15·7°
4. grupa	0·0895	0·0828	+ 0·0067	19·3°,

z którego nie daje się wyczytać żadna wyraźniejsza zmienność sto-

Digitized by Google

sunków $\frac{b}{a}$ i $\frac{\beta}{\alpha}$ wraz z temperaturą. Natomiast wydaje się, jakoby różnica tych stosunków z temperaturą słabo wzrastała, co jednak przy nieliczności ogniw każdej grupy jest jeszcze bardzo wątpliwe. Nieco wyraźniej występuje to, jeżeli z całego szeregu nie 4, lecz tylko 3 grupy (w przybliżeniu jednako liczne) utworzymy. Będzie wówczas

	$\frac{b}{a}$	$\frac{\beta}{\alpha}$	różnica Δ	średnia ciepłota grupy
1. grupa	0·0805	0·0851	— 0·0046	11·9°
2. grupa	0·0771	0·0753	+ 0·0018	15·1°
3. grupa	0·0899	0·0824	+ 0·0075	18·8°,

lubo i teraz nie można dostrzedz żadnej pewniejszej zależności naszych stosunków od temperatury, raczej już chyba wzajemnej ich różnicy Δ. Przypuszczając rzeczywiste istnienie tej drobnej zmienności, moglibyśmy ją przedstawić jako funkcyę temperatury zapomocą wzoru

$$\Delta = -0{\cdot}0254 + 00{\cdot}0175 \,.\, t,$$

ale to oznaczenie może być jeszcze dalekie od rzeczywistości, a da się dopiero liczniejszemi dostrzeżeniami kiedyś ściślej określić. W obecnym stanie rzeczy najbezpieczniej będzie obydwa stosunki $\frac{b}{a}$ i $\frac{\beta}{\alpha}$ uważać za prawie równe i niezależne od średniej dziennej ciepłoty, a posiadające wartość do 0·0815 bardzo zbliżoną.

Ważniejszem jest oznaczenie wartości stosunku $\frac{\alpha}{a} = \gamma$, oraz zbadanie, czy i jaką zależność posiada on od każdorazowej średniej dziennej ciepłoty. Co się tyczy pierwszego, to — bardziej celem nabycia ogólnego wyobrażenia o jego wielkości, aniżeli ustalania pod tym względem czegoś decydującego — wynajdźmy jego wartość dla którego-kolwiek dnia zasobniejszego w równoczesne pomiary obu temperatur τ, t. Z dnia 17. lipca 1892. r. mamy n. p. dane następujące:

	τ	t
5^h a. m.	10·1°	6·9° C.
7^h a. m.	10·7°	8·3
8^h a. m.	11·1°	9·0
12^h mer.	12·2°	15·1
2^h p. m.	13·5°	16·2
4^h p. m.	11·9°	15·4
8^h p. m.	10·9°	13·6,

Digitized by Google

podług czego tworzymy siedm równań

$$\delta + 6{\cdot}9\,\gamma = 10{\cdot}1,$$
$$\delta + 8{\cdot}3\,\gamma = 10{\cdot}7,$$

i t. d., które według metody najmniejszych kwadratów dostarczają dwóch równań warunkowych

$$7{\cdot}0\,\delta + \quad 84{\cdot}50\,\gamma = \quad 80{\cdot}40,$$
$$84{\cdot}5\,\delta + 1109{\cdot}67\,\gamma = 996{\cdot}82,$$

skąd $\gamma = +0{\cdot}29$, $\delta = +7{\cdot}9^0$. Porównanie rachunku z dostrzeżeniami tak się przedstawia (w sensie obserwacya — rachunek)

$$+0{\cdot}1,\ +0{\cdot}3,\ +0{\cdot}5.\ -0{\cdot}2,\ +0{\cdot}8.\ -0{\cdot}6,\ -1{\cdot}0,$$

czego nie można nazwać zgodnością zadawalającą. (Dzień był ciepły, wcale pogodny, powietrze bardzo niespokojne, słońce niekiedy pół godziny i dłużej poza chmurami szybko poruszanemi wiatrem). Prawdopodobne błędy stałych γ, δ wynoszą tutaj $\pm 0{\cdot}05$. względnie $\pm 0{\cdot}6^0$. Z sześciu różnych dni letnich otrzymałem zresztą na γ (w przypuszczeniu stałości tego współczynnika) wartość nieco mniejszą 0·23, z niepewnością $\pm 0{\cdot}03$.

Że albo obie ilości γ, δ, albo przynajmniej jedna z nich, zależą od średniej dziennej ciepłoty powietrza, że więc dla tych samych temperatur t, ale w różnych dniach, ciepłota τ będzie posiadała wartości odmienne, widać z poniższego zestawienia, odnoszącego się do 7 dni niezbyt od siebie odległych:

			τ	t
1892.	11/VIII	7^h a. m.	11·3	16·4
	11 „	6^h p. m.	11·6	16·4
	12 „	7^h p. m.	12·2	16·4
	16 „	6^h a. m.	12·4	16·4
	18 „	7^h a. m.	13·8	16·4
	24 „	7^h a. m.	14·2	16·4
	29 „	$7\frac{1}{2}^h$ a. m.	12·2	16·4
	30 „	$6\frac{1}{2}^h$ a. m.	13·4	16·4,

gdzie pomimo, że t wynosiło stale $16{\cdot}4^0$, ciepłota τ chwiała się pomiędzy wartościami $11{\cdot}3^0$ a $14{\cdot}2^0$. Wspominam o tem dla okazania na konkretnym przykładzie, że usiłowanie (p. Kolbenheyera) przymuszenia ciepłoty τ do bezpośredniej zależności od t musiało pozostać bezowocne.

Stopień zależności współczynnika γ od samejże średniej dziennej

Digitized by Google

ciepłoty starałem się zrazu wynaleźć sposobem, jakiego użyłem już poprzednio, rozpatrując możliwą zależność stosunków $\frac{b}{a}$ i $\frac{\beta}{\alpha}$ od tej temperatury. Obliczywszy zapomocą liczb, zawartych w znanych nam 92 wzorach interpolacyjnych, dla każdego dnia z osobna wartość ilorazu $\frac{\alpha}{a} = \gamma$, sporządziłem z nich tabelę, dołączając do każdego wiersza przynależną średnią dzienną. Uporządkowawszy następnie to zestawienie według wzrastających temperatur, podzieliłem je na 3 grupy (prawie jednako liczne) i utworzyłem średnie tak z temperatur, jak i z wartości współczynnika γ. (Nie widzę potrzeby przytaczania *in extenso* tego zestawienia). Wynik był następujący:

	średnia temp.	śred. wart. γ.
1. grupa	11·9°	0·54
2. grupa	15·1°	0·66
3. grupa	18·8°	0·48,

z czego raczej stałość współczynnika γ. aniżeli jaka zmienność wraz z temperaturą zdawała się wynikać. Sposób powyższy o tyle jednak nie mógł być konkludującym, że z dwóch, występujących w całej rzeczy, współczynników γ, δ odnosił się on tylko do jednego z nich, a badanie prawdopodobnej zmienności drugiego (t. j. δ) pozostawiał w zawieszeniu. Jeżeli obliczenia mają rokować jakiś bezpieczniejszy wynik, to należałoby je oprzeć na średnich przynajmniej kilkudniowych, ażeby zatrzeć chociaż częściowo przypadkowe zawichrzenia w normalnym pochodzie obu temperatur i zbliżyć go do jego „czystości“. To zaś wkraczałoby już widocznie w objawy zmian rocznych, gdybyśmy, w celu otrzymania kompensaty obserwacyi, tworzyli grupy liczb średnich z dłuższego przeciągu czasu. Jedynie dla poprzedniego upewnienia się, czy będzie dozwolonem wzór *(A)*, a choćby jemu podobny, stosować do zmian rocznych, jakby na to analogia wskazywała, wykonałem krótki rachunek zasadzający się na ponownem ugrupowaniu materyału według wzrastających temperatur, jak je obserwacye dawały, utworzeniu kilku średnich i wglądnięciu, czy równoczesne — i to jak najkorzystniejsze — wyznaczenie obu ilości γ, δ doprowadzi do zgodności między rachunkiem a dostrzeżeniami. Dla tego tymczasowego obliczenia otrzymałem najpierw dane:

Digitized by Google

	średnie t	średnie τ	liczba obser.	dni
1. grupa	12·15°	11·29°	42	10
2. grupa	14·86°	12·24°	34	10
3. grupa	16·02°	12·51°	30	10
4. grupa	19·49°	13·93°	33	11,

co starając się przedstawić wzorem typu *(A)*, otrzymujemy najpierw cztery fundamentalne równania

$$\delta + 12{\cdot}15\,\gamma = 11{\cdot}29$$
$$\delta + 14{\cdot}86\,\gamma = 12{\cdot}24$$
$$\delta + 16{\cdot}02\,\gamma = 12{\cdot}51$$
$$\delta + 19{\cdot}49\,\gamma = 13{\cdot}93.$$

które zwykłymi sposobami wyrównane, dają na wyznaczenie parametrów γ, δ dwa związki

$$4{\cdot}00\,\delta + 62{\cdot}52\,\gamma = 49{\cdot}97$$
$$62{\cdot}52\,\delta + 1004{\cdot}94\,\gamma = 790{\cdot}97,$$

skąd wypada:

$$\gamma = +0{\cdot}35, \quad \delta = +6{\cdot}9^{0}.$$

Porównanie rachunku z obserwacyą przedstawia się teraz jak następuje:

	τ (obserwacya)	τ (rachunek)	obserw. — rach.
1. grupa	11·29°	11·25°	+ 0·04°
2. grupa	12·24°	12·22°	+ 0·02°
3. grupa	12·51°	12·64°	— 0·13°
4. grupa	13·93°	13·88°	+ 0·05°,

a to okazuje wyśmienitą zgodność pomiędzy liczbami pochodzącemi z dostrzeżeń i obliczenia. Pomimo więc, że podstawowych liczb tego rachunku nie wolno było uważać — stosownie do ich niechronologicznego powstania — za wartości przedstawiające część samego biegu rocznego ciepłoty τ, że więc niepodobna było poprzestać na tem wyznaczeniu, doszedłem stąd przynajmniej do tego przekonania, iż wzór *(A)*, albo odpowiednia jego modyfikacya, mogą się dobrze nadawać do przedstawienia r o c z n e g o p o c h o d u ciepłoty τ. Ażeby rzecz rozstrzygnąć, należało wykonać podobny rachunek na podstawie danych obserwacyjnych ściśle już według czasu uporządkowanych.

Zauważę jeszcze tylko, że próbne obliczenia jak powyżej, które wykonałem także i dla innych, ale krótszych szeregów obserwacyj-

Digitized by Google

nych (z sierpnia 1891., lipca 1892., lipca i sierpnia 1893.) dawały mi wartości dość różne na δ, zaś na γ wartości zawsze blizkie $+ 0{\cdot}35$, co nie mogło wydawać się przypadkowem. Uderzała mię przy tem stateczna blizkość tej liczby do 0·28, 0·32....., którą experymenta fizyczne dają na wartości ciepła gatunkowego wilgotnego powietrza przy rozmaitych zawartościach w nim pary wodnej. Dotychczasowy zasób pomiarów termometrycznych naszych jezior nie pozwala wprawdzie jeszcze wyrzec tutaj coś stanowczego, sądzę jednak, że domysł, który teraz wyraziłem, nie będzie raził fizyka i meteorologa żadnem nieprawdopodobieństwem. Pamiętając bowiem na definicyę ciepła gatunkowego, jako tej ilości ciepła, którą należy doprowadzić do jednostki masy pewnego ciała, ażeby ciepłotę jego podnieść o 1^0 C., domysł przytoczony nic innego nie wyraża, jak tylko, że objawy równoczesnych zmian ciepłoty powietrza i wody jeziora zasadzają się na doprowadzeniu z zewnątrz tak powietrzu, jak i wodzie w każdej chwili jednakowej ilości ciepła (dodatnią lub odjemną), co jest niemal oczywistem, jeżeli zważymy, że ostateczną przyczyną zjawisk aero- i hydrotermicznych jest słońce, dostarczające tak powietrzu, jak i wodzie ciepła (nie temperatury!) w tej samej ilości [1]).

Rozpatrywanie pięciodniowych średnich temperatur powietrza i wody, utworzonych z tego samego szeregu obserwacyjnego, dostarczyło mi zasadniczych informacyj co do sposobu, w jaki należy wyobrażać sobie związek rocznego pochodu obu temperatur Wypadało mi zacząć od jednego ciągłego szeregu, a nie wikłać sprawy wprowadzaniem krótkich szeregów z innych lat, lub nawet poodrywanemi obserwacyami z lat 1860—1890.; te mogły się przydać dopiero przy ostatecznej dyskusyi całego materyału.

---

[1]) Dla ciepła gatunkowego powietrza suchego przy stałem ciśnieniu, będącego zależnem od samego ciśnienia, podał już Poisson wzór

$$C_p = 0{\cdot}2669 \sqrt{\frac{760}{p}}^{3{\cdot}41},$$

gdzie ciśnienie p ma być wyrażonem w milimetrach; później Clapeyron (Journal de l'Ecole polytechn. T. XIV., pag. 170) podał odmienny wzór empiryczny. Doświadczenia Suermann'a (Annales de chimie et de phys. T. 63, pag. 315) zgadzają się zarówno dobrze z jednym i drugim wzorem. Dla średniego ciśnienia powietrza przy Rybiem (zredukowanego na 0^0) można przyjąć wartość blizką 625 mm., co dawałoby na C_p wartość 0·28 lub 0·30 (stosownie do tego, którego o dwóch wzorów będziemy używali). Jeżeli teraz zważymy, że w rzeczywistości mamy z powietrzem wilgotnem do czynienia i że ciepło gatunkowe pary wodnej (0·481) jest prawie dwa razy tak wielkie, jak powietrza suchego, to otrzymamy dla średnich stanów wilgotności, istotnie wartość blizką 0·35.

Digitized by Google

Dbając o to, aby główne maximum ciepłoty powietrza i wody, jakie wykazuje szereg sierpień—wrzesień 1892. (w dniach 19. i 20. sierpnia), padało w środek jednej z pięciodniówek *(pentad)*, tworząc średnie i opatrując je drobniutką poprawką, o której poprzednio była mowa, otrzymujemy tabelkę:

	środek pentady	śred. ciepł. pow.	śred. ciepł. wody
1. pentada	10/8. 1892.	15·6°	11·42°
2. „	15/8. „	17·4	13·42
3. „	20/8. „	21·5	14·01
4. „	25/8. „	16·0	13·42
5. „	30/8. „	17·5	13·44
6. „	4/9. „	15·1	12·95
7. „	9/9. „	9 9	11·31
8. „	14/9. „	15·1	12·13
9. „	19/9. „	13.0	11·31 .

Liczby te okazują najwyraźniej, że na ciepłotę wody prócz r ó w n o c z e s n e j ciepłoty powietrza wywierają także znaczny wpływ ciepłoty w p o p r z e d z a j ą c y c h p e n t a d a c h, i że pochód obydwóch ciepłot wygląda tak, jak gdyby ciepłota wody mogła tylko zwolna nadążać za wzrostem ciepłoty powietrza i bardzo opieszale dostrajać się do jej spadków. Występuje to bardzo wybitnie n. p. w 4-tej pentadzie, gdzie pomimo znacznego spadku ciepłoty powietrza od pentady poprzedzającej (z 21·5° na 16·0°) ciepłota wody obniżyła się zaledwie do wartości 13·42°, jaką już posiadała w drugiej pięciodniówce. To samo widzimy w czterech końcowych pentadach, to samo występuje wreszcie w krótszych szeregach obserwacyjnych z sierpnia 1891., lipca 1892., lipca i sierpnia 1893. Teoretycznie biorąc, rzecz przedstawia się więc tak, jak gdyby na każdorazową średnią dzienną (ewentualnie 5-cio dniową) ciepłoty wody składały się „udziały" (oczywiście nierówne) nabytków — lub strat — temperatur zależne od najbliższej średniej dziennej t_0 (względnie pięciodniowej) powietrza, dalej pierwszej t_1, drugiej t_2, trzeciej t_3..... i t. d. w s t e c z n e j średniej temperatury powietrza, co — gdyby na tem zależało — dałoby się przedstawić wzorem

$$B) \qquad \tau = \delta + \gamma_0 t_0 + \gamma_1 t_1 + \gamma_2 t_2 + \ldots\ldots,$$

gdzie δ, γ_0, γ_1, γ_2,..... należałoby już uważać za bezwzględne stałe. Gdy zaś, co oczywista, wpływ najbliższego sąsiedztwa na każdorazową wartość ciepłoty τ musiałby — przy takiem uważaniu rzeczy — być przeważający, należałoby przyjąć, że współczynniki

Digitized by Google

$$\gamma_0 ; \gamma_1 ; \gamma_2 ; \gamma_3 \ldots\ldots$$

tworzyłyby szereg bardzo szybko malejący, gdyż niepodobna chyba przypuścić, aby n. p. czerwcowy rozkład temperatur powietrza mógł mieć jakiś dostrzegalny wpływ na temperatury październikowe.

Rzecz. która w teoryi wygląda dość ponętnie, napotyka w praktycznem przeprowadzeniu na poważne trudności. Nie mówię już o tem, że do wykonania tak pojętego poszukiwania należałoby nagromadzić bardzo jednostajny materyał obserwacyjny z lat kilku albo i kilkunastu. Inna trudność, z którą i wówczas miałoby się do czynienia, polega na niewiadomości *a priori,* jaką ilość wyrazów należałoby przyjąć we wzorze *(B),* ażeby wszystkie szczegóły rocznej zmienności ciepłoty τ takim wzorem przedstawić. Biorąc wyrazów za mało, naraziłoby się na zatarcie niektórych szczegółów zmienności temperatury τ, które w pewnym roku mogą być tylko nieznaczne (z przyczyny n. p. małości temperatury t_r), w innym zaś roku (wykraczającym poza zakres materyału obserwacyjnego), anormalnym co do pochodu zmian ciepłoty powietrza, wybitnie występować. Wciągnięcie do rachunku znaczniejszej ilości wyrazów $\gamma_1 t_1$, $\gamma_2 t_2$, $\gamma_3 t_3$..... musiałoby znowu pociągnąć za sobą taką jego zawiłość, że przed zapuszczeniem się do niego należałoby się wprzód zastanowić, czy oczekiwane rezultaty opłacą poniesiony mozół rachunkowy. Mówię częściowo i na podstawie własnego doświadczenia, okupionego znaczną stratą czasu. Nabrawszy przez wielorakie porównywanie całego materyału obserwacyjnego przekonania, że woda jest niejako integratorem ciepłoty powietrza, w czem dzisiaj jeszcze bardziej czuję się utwierdzony, zadałem sobie trud, żeby obliczyć ten materyał na podstawie wzoru *(B),* przypuszczając (kolejno) po prawej jego stronie istnienie dwóch, trzech, czterech..... wyrazów i badając każdym razem stopień zgodności rachunku z obserwacyą. Dodam, że znaczną część tych obliczeń wykonałem metodą najmniejszych kwadratów. Wychodziłem przytem ze założenia, że znalezione rachunkiem wartości parametrów γ_0, γ_1, γ_2....., mogą (nie muszą!) posiadać konkretne znaczenie tylko wówczas, jeżeli dopełnią następujących warunków:

1) że wszystkie ilości γ_0, γ_1, γ_2..... wypadną z rachunku dodatne,
2) że będą one tworzyły szereg prawidłowo malejący, i
3) że, już po spełnieniu się obu powyższych warunków, suma kwadratów pozostałych niezgodności między rachunkiem a obserwacyą będzie mniejszą, aniżeli dla każdej innej kombinacyi.

Niezbędność istnienia dwóch ostatnich warunków nie wymaga

Digitized by Google

żadnego objaśnienia; co do pierwszego wystarczy zwrócić uwagę, iż pojawienie się pomiędzy współczynnikami γ_0, γ_1, γ_2..... chociażby jednego ze znakiem odjemnym, zawierałoby w sobie sprzeczność, obalającą prawdziwość całego rachunku. Znaczyłoby ono bowiem, że podniesienie się ciepłoty powietrza n. p. w jednej z poprzedzających pentad, przyczyniło się do (małego) ubytku temperatury wody podczas uważanej pentady — a więc rzecz niemożebną.

Tak n. p. korzystając z ostatniego szeregu obserwacyjnego, uporządkowanego według pięciodniówek, w przypuszczeniu istnienia tylko dwóch wyrazów po prawej stronie związku *(B)*, otrzymuję na wyznaczenie δ, γ_0 dziewięć równań:

$$\begin{aligned} \delta + 15{\cdot}6\,\gamma_0 &= 11{\cdot}42 \\ \delta + 17{\cdot}4\,\gamma_0 &= 13\,42 \\ \text{i t. d.} \quad & \ldots\ldots\ldots \end{aligned}$$

które, wyrównane metodą najmniejszych kwadratów, dają najpierw dwa równania

$$\begin{aligned} 9{\cdot}0\,\delta + 141{\cdot}1\,\gamma_0 &= 113{\cdot}41 \\ 141{\cdot}1\,\delta + 2302{\cdot}7\,\gamma_0 &= 1800{\cdot}50, \end{aligned}$$

skąd

$$\gamma_0 = +\,0{\cdot}2482, \quad \delta = +\,8{\cdot}71^0,$$

poczem porównanie rachunku z obserwacyą dało następujące różnice (obserwacya-- rachunek)

$$\begin{aligned} &-1{\cdot}16,\ +0{\cdot}39,\ -0{\cdot}04,\ +0{\cdot}74,\ +0{\cdot}39, \\ &+0{\cdot}50,\ +0{\cdot}14,\ -0{\cdot}32,\ -0{\cdot}63, \end{aligned}$$

jako też suma kwadratów tych różnic — + 2·97.

Przypuszczając zaś istnienie trzech wyrazów po prawej stronie związku *(B)* i zatrzymując pięciodniówkę za jednostkę czasu, otrzymalibyśmy na wyznaczenie trzech parametrów δ, γ_0, γ_1, dziewięć równań

$$\begin{aligned} \delta + 15{\cdot}6\,\gamma_0 + 13{\cdot}1\,\gamma_1 &= 11{\cdot}42 \\ \delta + 17{\cdot}4\,\gamma_0 + 15{\cdot}6\,\gamma_1 &= 13{\cdot}42 \\ \delta + 21{\cdot}5\,\gamma_0 + 17{\cdot}4\,\gamma_1 &= 14{\cdot}01 \\ &\ldots\ldots\ldots \end{aligned}$$

i t. d. (średnia pentady sierpniowej 3 8—7/8) podana tu jako 13·1 została obliczoną z odpowiedniej średniej krakowskiej, zapomocą środków wyłuszczonych w rozdziale I-szym; niepewność tej liczby może wynosić kilka dziesiętnych stopnia C.), które znowu wyrównane metodą najmniejszych kwadratów dają nasamprzód trzy równania warunkowe

Digitized by Google

$$9{\cdot}0\,\delta + 141{\cdot}1\,\gamma_0 + 141{\cdot}2\,\gamma_1 = 113{\cdot}41$$
$$141{\cdot}1\,\delta + 2302{\cdot}7\,\gamma_0 + 2233{\cdot}4\,\gamma_1 = 1800{\cdot}50$$
$$141{\cdot}2\,\delta + 2233{\cdot}4\,\gamma_0 + 2305{\cdot}3\,\gamma_1 = 1794{\cdot}57,$$

skąd

$$\gamma_0 = +\,0{\cdot}2218,\quad \gamma_1 = +\,0{\cdot}1213,\quad \delta = +\,7{\cdot}22^0,$$

poczem porównanie rachunku z dostrzeżeniami daje następujące różnice (obserwacya—rachunek)

$$-\,0{\cdot}85,\ +\,0{\cdot}45,\ -\,0{\cdot}09,\ +\,0{\cdot}04,\ +\,0{\cdot}40.$$
$$+\,0{\cdot}26,\ +\,0{\cdot}06,\ +\,0{\cdot}36,\ -\,0{\cdot}63,$$

jakoteż sumę kwadratów tych różnic równą + 1·69.

Niezaprzeczona poprawa zgodności w porównaniu z poprzednią może wprawdzie nas tylko utwierdzić w przekonaniu o wpływie ubiegłej pentady na zmienną τ, ale wykazuje zarazem niedostateczność tej poprawy. Potrzeba było przystąpić do ponownego takiego obliczenia, zasadzającego się na dopuszczeniu (rachunkiem) wpływu jeszcze jednej albo dwóch, jeszcze wcześniejszych pięciodniówek, celem zobaczenia, czy i o ile postępuje w ten sposób rozpoczęta poprawa zgodności rachunku z obserwacyą, przyczem obliczenia były wykonywane już to na podstawie pentady, już też dekady obranej za jednostkę czasu. Mozolne takie rachunki, których niepodobna było uniknąć, chcąc w całej tej rzeczy dojść do jakichś pewniejszych konkluzyi, pouczyły mię, że wpływ „przeszłości“, t. j. rozkład temperatur powietrza przed uważaną epoką obserwacyi ciepłoty τ, jest daleko większym i odleglejszym, aniżeli to zrazu przypuszczałem. Wobec ostatecznego, poniżej następującego rachunku, zasadzającego się na zużytkowaniu całego materyału obserwacyjnego, starszego i nowszego, byłoby zbyteczne przytaczać dalsze takie częściowe obliczenia, które jedynie dla mnie samego mogły mieć wartość informacyi. Wspomnę więc tylko, iż tu i owdzie otrzymana wcale dobra zgodność rachunku z dostrzeżeniami w obrębie jednego, a nawet dwóch szeregów obserwacyjnych, skojarzonych ze sobą, zdawała się wskazywać na blizkie dotarcie już do prawdy, gdy przybyła świeżo jedna i druga liczba obserwacyjna z czasu wykraczającego — naprzód lub wstecz — poza zakres dostrzeżeń, na których opierał się rachunek, nie pozwalała łudzić się pod tym względem. Tak było n. p. z dwoma szeregami obserwacyjnymi lipiec 1892. r. i sierpień—wrzesień 1892. r., które razem dawały się dobrze przedstawić uwzględnieniem 25—30 dni, poprzedzających czas uważanej obserwacyi, a lektóre z październikową obserwacyą, jakoteż z ogłoszoną tymczasem czerwcową (zob. niżej), tym samym wzorem nie da-

Digitized by Google

wały się pogodzić. Przy nader opieszałym ruchu ciepłoty wody, jedna i druga taka obserwacya musiała tutaj być rozstrzygającą na niekorzyść wzoru, do którego już niejaką nadzieję przywiązywałem. Wszystko razem nakazywało rozstać się z myślą możności przedstawienia rocznej zmienności ciepłoty τ w zależności od zmian ciepłoty powietrza jedynie w najbliższych 3 lub 4 tygodniach. Posuwanie się wstecz dalej, którego te niepowodzenia rachunkowe nieodbicie wymagały, oraz włączenie do końcowej dyskusyi wszystkich dotychczasowych danych obserwacyjnych, doprowadziły mię wreszcie do związku, który — sądzę — że, jak na teraz, przedstawia roczny pochód ciepłoty wody na powierzchni Rybiego w sposób zadawalający.

ROZDZIAŁ III.

Roczne zmiany ciepłoty.

Zestawienie znanych dotąd temperatur wody Rybiego Jeziora na powierzchni.

(Staszic w sierpniu 1805. r., 15·9°, przy ciepłocie powietrza 17·5°, na dnie 7·7° C. (?) i to w głębokości 496 ?? stóp paryskich).

Rok	Data	Godzina	Powietrze	Woda powierzchnia	Obserwator	Uwagi
1860.	21/8	3^h p. m.	18·0° C.	13·25° C.	Kołistka	
1875.	23/8	4 p. m.	11·2	13·0	Kolbenheyer	
1876.	12/7	2$\frac{3}{4}$ p. m.	14·0	10·2	Świerz	środek jeziora
1877.	9/8	6 a. m.	14·0	10·8	Świerz	
1877.	21/8	—	11·25	13·13	Roth	
1878.	19/7	5 p. m.	10·0	8·2	Świerz	
1878.	24/8	7 p. m.	12·0	10·6	Świerz	
1879.	24/7	11$\frac{3}{4}$ a. m.	13·4	9·7	Świerz	
1879.	9/8	?	?	10·4	Dziewulski	
1879.	23/8	5 a. m.	9·0	10·8	Świerz	
1883.	24/8	?	?	11·3	Świerz	
1884.	20/8	?	?	12·2	Świerz	
1886.	6/8	2 p. m.	?	11·4	Grissinger	
1888.	30/8	6$\frac{1}{2}$ a. m.	?	10·2	Świerz	

Digitized by Google

Rok	Data	Godzina		Powietrze	Woda powierzchnia	Obserwator	Uwagi
1890.	4/8	6½ h	p. m.	16·3° C.	12·8° C.	B.	tą foską oznaczam swoje nazwisko
1890.	5/8	6½	a. m.	12·9	12·6	„	
1890.	5/8	7¼	a. m.	15·2	12·7	„	
1890.	5/8	8h	a. m.	17·8	13·0	„	
1890.	5/8	9	a. m.	18·5	13·4	„	
1891.	25/3	3	p. m.	—5·4	0·3	„	
1891.	5/8	12	mer.	14·0	9·6	„	
1891.	6/8	10	a. m.	13·8	10·0	„	
1891.	6/8	3	p. m.	9·7	10·2	„	
1891.	6/8	4½	p. m.	8·7	9·8	„	
1891.	7/8	9h	a. m.	8·4	9·5	„	
1891.	7/8	11	a. m.	9·2	9·6	„	
1891.	7/8	5	p. m.	9·6	9·6	„	
1891.	7/8	7	p. m.	9·0	9·5	„	
1891.	8/8	6	a. m.	5·7	9·1	„	
1892.	28/6	1	p. m.	14·6	9·1	Świerz.	

[Przeszło 60 pojedynczych odczytań ciepłoty powietrza i wody, jakie wykonałem przy Rybiem w ciągu 12-tu dni lipcowych r. 1892., nie przytaczam tu z osobna; średnie dzienne z nich utworzone umieszczone są w jednej z następujących (str. 241) tabeli wszystkich dających się podać średnich dziennych. Natomiast przytaczam niżej przeszło 60 takich równoczesnych odczytań z lipca i sierpnia 1893. r., ażeby umożliwić wglądnięcie w dzienny ruch ciepłoty wody, który, dzięki lepszej pogodzie, mógł się w tym roku rozwinąć wyraźniej, aniżeli podczas słotnego lipca 1892. r.].

Następny dość systematyczny szereg obserwacyjny, jest najdłuższym ze wszystkich, jakie dotąd istnieją.

Rybie 1892

Dzień	Data 1892	Stan powietrza	Godzina [1])		Ciepł. pow.	Ciepł. wody	Wykonał
Poniedziałek	8/8	pogodnie	7	rano	14·9	11·2	Aleksandrowicz
			1½	popoł.	15·8	11·7	
			6¼	wieczór	13·4	10·8	

[1]) Jest ona tutaj podaną w zaokrągleniu, nie wykraczającem poza ¼ godziny. Obserwatorowie notowali czas z dokładnością minut, od którego to zamiaru ich nie

Digitized by Google

Dzień	Data 1892	Stan powietrza	Godzina		Ciepł. pow.	Ciepł. wody	Wykonał
Wtorek . .	9/8	w połowie pogodnie	7	rano	13·8	11·2	Borowski
			2	popoł.	15·4	12·6	
			7	wieczór	14·9	11·4	
Środa	10/8	pochmurno i wiatr mały	6½	rano	15·0	9·2	Kabicz
			1½	popoł.	16·6	9·8	
			6¼	wieczór	14·2	10·0	
Czwartek .	11/8	pogodnie	7	rano	16·4	11·3	Magiera
			2½	popoł.	17·6	13·8	
			6½	wieczór	16·4	11·6	
Piątek . . .	12/8	pogodnie	7½	rano	15·9	11·8	Borowski
			2½	popoł.	17·2	12·9	
			7	wieczór	16·4	12·2	
Sobota . . .	13/8	pogodnie i wiatr	6¼	rano	13·2	11·2	Aleksandrowicz
			2½	popoł.	15·2	11·6	
			6¼	wieczór	16·0	10·8	
Niedziela . .	14/8	pogodnie	7	rano	15·3	12·4	Kabicz
			2½	popoł.	17·4	14·8	
			7½	wieczór	16·2	12·6	
Poniedziałek	15/8	pogodnie	7½	rano	15·8	12·6	Borowski
			2	popoł.	19·9	15·8	
			6½	wieczór	18·2	14·4	
Wtorek . .	16/8	pogodnie	6¼	rano	16·4	12·4	Aleksandrowicz
			2	popoł.	20·2	15·0	
			6½	wieczór	19·0	14·4	
Środa . . .	17/8	wiatr silny	7	rano	16·6	13·3	Kabicz
			2½	popoł.	20·8	15·4	
			6½	wieczór	20·4	14·6	
Czwartek .	18/8	pogodnie i wiatr mały	7½	rano	16·4	13·8	Magiera
			2¾	popoł.	20·4	15·6	
			6	wieczór	22·2	14·9	
Piątek . . .	19/8	pogodnie bardzo ciepło	8	rano	23·4	15·8	Borowski
			1½	popoł.	25·2	15·9	
			6½	wieczór	19·8	14·4	

odwodziłem; i tak zaraz pierwszy termin obserwacyjny był zanotowany jako $6^h\,50^m$ rano. Drobny błąd terminu (± ½ godziny) nie ma tu żadnego znaczenia, choćby zegarki wskazywały czas bez błędu.

Digitized by Google

Dzień	Data 1892	Stan powietrza	Godzina		Ciepł. pow.	Ciepł. wody	Wykonał
Sobota . . .	20/8	pogodnie i wiatr mały	7½	rano	22·9	12·7	Aleksandrowicz
			1¾	popoł.	24·9	13·4	
			6¼	wieczór	23·2	12·4	
Niedziela. .	21/8	mały deszcz i wiatr	7¼	rano	22·8	12·4	Kabicz
			2¼	popoł.	25·2	14·6	
			6	wieczór	22·3	14·2	
Poniedziałek	22/8	pogodnie i ciepło	7½	rano	18·6	12·8	Kabicz
			1¼	popoł.	19·4	14·0	Aleksandrowicz
			6¼	wieczór	15·6	13·2	
Wtorek . .	23/8	deszcz mały i wiatr	6½	rano	13·3	12·8	Magiera
			1½	popoł.	18·1	15·2	
			7	wieczór	15·2	14·6	
Środa. . . .	24/8	nocy ubiegłej padał mały deszcz	7¼	rano	16·5	14·3	Aleksandrowicz
			2¾	popoł.	19·8	15·2	
			6	wieczór	18·3	14·2	
Czwartek .	25/8	silny wiatr	7¼	rano	17·6	13·6	Kabicz
			12¼	popoł.	20·9	14·0	
			6¼	wieczór	18·8	13·2	
Piątek . . .	26/8	wiatr i deszcz nocy ubiegłej mały deszcz	6¾	rano	13·8	12·8	Magiera
			1¼	popoł.	14·8	13·8	
			6¼	wieczór	13·4	12·8	
Sobota . . .	27/8	deszcz i zimno	7	rano	12·8	11·9	Borowski
			1½	popoł.	14·2	12·0	
			7	wieczór	12·6	12·2	
Niedziela. .	28/8	pogodnie; noc ubiegła pochmurna	7¼	rano	13·4	10·6	Aleksandrowicz
			1¾	popoł.	17·2	15·0	
			6	wieczór	18·0	14·2	
Poniedziałek	29/8	pogodnie	7¼	rano	16·3	12·2	Kabicz
			1¾	popoł.	19·9	13·2	
			5½	wieczór	17·2	13·0	
Wtorek . .	30/8	pogodnie	6½	rano	16·4	13·4	Magiera
			1¾	popoł.	23·0	14·9	
			6¼	wieczór	18·0	14·8	
Środa. . . .	31/8	—		rano			
				popoł.	—	—	—
				wieczór			

Digitized by Google

Dzień	Data 1892	Stan powietrza	Godzina		Ciepł. pow.	Ciepł. wody	Wykonał
Czwartek .	1/9	w połowie pogodnie i mały wiatr	6½	rano	14·2	11·6	Borowski
			2½	popoł.	18·2	13·4	
			7	wieczór	13·4	12·2	
Piątek . . .	2/9	deszcz mały	6½	rano	14·0	11·9	Magiera
			1½	popoł.	18 6	13·2	
			6½	wieczór	14·3	12·8	
Sobota . . .	3/9	pogodnie i wiatr mały	6	rano	11·8	12·6	Aleksandrowicz
			1	popoł.	17·3	13·4	
			7	wieczór	13·6	12·4	
Niedziela. .	4/9	suchy wiatr i pochmurno	7	rano	15·2	11·9	Kabicz
			2	popoł.	16·0	13·2	
			7	wieczór	14·4	12·6	
Poniedziałek	5/9	mgła wielka	7	rano	15·2	13·4	Borowski
			2½	popoł	16·6	13·8	
			6½	wieczór	13·6	12·2	
Wtorek . .	6/9	pogodnie	7½	rano	14·2	12 8	Magiera
			2	popoł.	16 6	14·4	
			6½	wieczór	15·2	13·6	
Środa. . . .	7/9	wielki deszcz	7	rano	9·6	11·4	Kabicz
			1½	popoł.	9·8	11·6	
			6	wieczór	9·0	11·2	
Czwartek .	8/9	pochmurno	7½	rano	9·2	11·0	Aleksandrowicz
			1½	popoł.	9·9	11·4	
			7	wieczór	9·6	10 8	
Piątek . . .	9/9	pochmurno	7	rano	11·0	12 0	Borowski
			2½	popoł.	11·4	12·2	
			7	wieczór	10·8	11·4	
Sobota . . .	10/9	deszcz mały i pochmurno	7	rano	9·8	10·4	Magiera
			2	popoł.	11·2	12·0	
			7	wieczór	10·4	11·8	
Niedziela. .	11/9	powietrze zimne i pochmurno	7	rano	8·2	11·3	Kabicz
			1½	popoł.	9·0	10·9	
			6½	wieczór	8·8	10·2	
Poniedziałek	12/9	całkiem pogodnie	7	rano	11·0	11·1	Aleksandrowicz
			2	popoł.	15·0	12·2	
			6½	wieczór	14·2	11·8	

Digitized by Google

Dzień	Data 1892	Stan powietrza	Godzina		Ciepł. pow.	Ciepł. wody	Wykonał
Wtorek . .	13/9	całkiem pogodnie	6½	rano	14·6	12·4	Borowski
			2	popoł.	17·8	14·6	
			7	wieczór	15·4	13·8	
Środa. . . .	14/9	pogodnie i ciepło	7¼	rano	16·4	10·8	Magiera
			1½	popoł.	18·8	12·2	
			6¾	wieczór	15·4	11·6	
Czwartek .	15/9	całkiem pogodnie i suchy wiatr	7¾	rano	10·2	11·4	Kabicz
			10	przedpoł.	13·4	11·8	
			2	popoł.	16·7	12·9	
			4	popoł.	15·9	11·2	
			7	wieczór	14·8	11·0	
Piątek . . .	16/9	całkiem pogodnie	7	rano	12·0	11·1	Aleksandrowicz
			10	przedpoł.	15·9	12·0	
			2	popoł.	19·3	12·8	
			4	popoł.	16·2	13·0	
			7	wieczór	14·8	12·2	
Sobota . . .	17/9	w połowie pogodnie	7¼	rano	12·2	10·8	Borowski
			10¼	przedpoł.	14·4	11·2	
			2	popoł.	14·8	11·9	
			4¼	popoł.	13·9	11·2	
			6½	wieczór	13·6	11·6	
Niedziela. .	18/9	mgła i deszcz mały	7	rano	15·0	10·8	Aleksandrowicz
			9¼	przedpoł.	15·8	11·2	
			1½	popoł.	13·6	11·4	
			4	popoł.	13·2	11·6	
			6½	wieczór	9·8	11·6	
Poniedziałek	19/9	pochmurno i deszcz mały	7	rano	11·2	10·4	Magiera
			10	przedpoł.	12·8	10·9	
			2	popoł.	15·3	11·2	
			4	popoł.	15·8	11·4	
			6½	wieczór	13·6	10·8	
Wtorek . .	20/9	w połowie pogodnie	7¼	rano	7·3	9·2	Aleksandrowicz
			10	przedpoł.	10·8	11·2	
			2	popoł	11·2	10·6	
			4	popoł.	11·8	10·4	
			7	wieczór	9·9	10·0	
Środa. . . .	21/9	całkiem pochmurno	7	rano	11·4	11·0	Kabicz
			10	przedpoł.	11·8	12·2	
			2	popoł.	12·2	12·8	
			4	popoł.	11·9	12·2	
			6¼	wieczór	11·4	11·8	

Digitized by Google

Dzień	Data 1892	Stan powietrza	Godzina		Ciepł. pow.	Ciepł. wody	Wykonał
Czwartek .	22/9	w połowie pogodnie	7	rano	14·4	11·6	Borowski
			10	przedpoł.	14 8	12·2	
			2	popoł.	15 3	11·9	
			4	popoł.	14·8	11·4	
			7	wieczór	13·2	11·0	
Piątek . . .	23/9	pochmurno i deszcz mały	7	rano	10·4	11·2	Aleksandrowicz
			10	przedpoł.	11 8	11·2	
			1½	popoł.	14 0	12·1	
			4	popoł.	14·7	11·8	
			6½	wieczór	12·4	11·2	

Rok	data	godz.	temper. pow.	temp. wody powierzch.	Obserwat.	Uwagi
1893.	29/6	?	?	7·7° C	Świerz.	(ustna komunikacya)
1893.	25/7	5h p. m.	15·5	11·3	B.	
,,	,,	6 p.	14·4	10·6	,,	
,,	,,	9h p.	11·3	10·6	,,	
,,	26/7	5 a.	9·0	10·7		
,,	,,	10 a.	18·3	12·2		
,,	,,	11 a.	18·6	12·2	,,	
,,	,,	9 p.	12·1	11·6		
,,	27/7	5 a.	11·7	11·2		
,,	,,	6 a.	11·4	11·3		
,,	,,	7½ a.	13·0	11·8		
,,	,,	4 p.	19·1	13·4	,,	
,,	,,	6 p.	17·6	12·8		
,,	,,	7 p.	17·0	11 3	. . . .	(jezioro bardzo niespokojne)
,,	,,	9 p.	15·6	12·5		
,,	28/7	6 a.	14·3	12·3		
,,	,,	8 a.	15·9	12·8		
,,	,,	12 mer.	14·1	12·9		
,,	,,	6 p.	16·1	12·2	,,	
,,	,,	8 p.	14·0	12·5		
,,	,,	9½ p.	14·0	12·3		
,,	29/7	6¼ a.	16·0	12·1		
,,	,,	8 a.	17·9	12·6		
,,	,,	9¼ a	19·2	12·9		
,,	,,	1½ p.	16·2	12·5	,,	
,,	,,	4¾ p.	13·8	11·6		
,,	,,	6¼ p.	13·3	11·4		
,,	,,	9 p.	13·2	11·7		

Digitized by Google

Rok	data	godz.	temper. pow.	temp. wody powierzch.	Obserwat.	Uwagi
1893.	30/7	$7\frac{1}{4}$ a.	12·6	11·9		
„	„	1 p.	12·8	11·9		
„	„	$4\frac{1}{4}$ p.	13·0	11·9		
„	„	$6\frac{1}{2}$ p.	11·0	11·0	B.	
„	„	$7\frac{3}{4}$ p.	10·8	10·7		
„	„	$9\frac{1}{2}$ p.	10·1	10·8		
„	31/7	$4\frac{3}{4}$ a.	7·5	10·9		
„	„	10 a.	13·5	11·6		
„	„	$12\frac{1}{2}$ p.	15·3	12·5	„	
„	„	7 p.	10·0	10·7		
„	1/8	8^h a. m.	7·5	10·5		
„	„	$10\frac{1}{2}$ a	8·1	10·4		
„	„	$12\frac{1}{4}$ p.	9·6	10·7	„	
„	„	2 p.	12·0	10·7		
„	2/8	6 a.	5·2	10·1		
„	„	7 a.	5·6	10·0		
„	„	8 a.	7·8	10·2		
„	„	3 p.	15·8	11·3		
„	„	$3\frac{3}{4}$ p.	15·6	12·4	„	
„	„	$4\frac{3}{4}$ p.	12·0	11·4		
„	„	$5\frac{3}{4}$ p.	11·0	11·4		
„	„	7 p.	9·6	10·3		
„	„	10 p.	6·8	10·6		
„	3/8	$6\frac{1}{2}$ a.	8·6	10·5		
„	„	8 a.	10·5	10·8		
„	„	9 a.	12·7	11·2		
„	„	$11\frac{1}{2}$ a.	11·3	11·3		
„	„	$1\frac{1}{2}$ p.	11·9	11·6	„	
„	„	3 p.	9·9	11·3		
„	„	$7\frac{3}{4}$ p.	8·8	10·4		
„	„	10 p.	7·7	10·6		
„	4/8	6 a.	7·2	10·4		
„	„	8 a.	9·7	10·8		
„	„	9 a.	11·3	11·4	„	
„	„	$10\frac{3}{4}$ a.	13·0	11·2		

Starszy materyał obserwacyjny — z przed roku 1892 — jest bardzo niesystematyczny i dorywczy, a to utrudnia niezmiernie korzystanie z niego. Jedyna metoda jaką zdołałem obmyślić dla redukcyi

Digitized by Google

owych 29 liczb (odpowiadających zresztą tylko 21 dniom 12-tu różnych lat) polega na użyciu znalezionego powyżej związku $\tau = \gamma t + \delta$, gdzie współczynnik γ posiada (przynajmniej w miesiącach letnich) wartość zbliżoną do 0·23. Oznaczając bowiem przez t_1, τ_1 średnią dzienną ciepłotę powietrza a względnie wody, będzie

$$\tau_1 = \gamma t_1 + \delta. \text{ skąd } \tau_1 = \tau + \gamma (t_1 - t),$$

a to umożliwia znaleźć przybliżoną wartość na τ_1 jeżeli tylko t, τ, t_1 będą wiadome. Pierwsze dwie liczby podają obserwatorowie prawie bez wyjątku, ostatnią, tj. t_1 można wystarczająco dokładnie znaleźć z odpowiedniej średniej dziennej krakowskiej. Nie przeczę, że ten sposób redukcyi ma swoje niedostatki, ale też i trudno podać tu coś lepszego. Zresztą błąd którejkolwiek z liczb t_1, t sięgający nawet do $\pm 1^0$ pociągnie za sobą w dodajniku $\gamma (t_1 - t)$ błąd zaledwo $\pm 0{\cdot}1^0$ C wynoszący, gdyż wartość współczynnika γ nie wiele się różni od 0·2. Wprowadzenie wyrazu korekcyjnego $\gamma (t_1 - t)$ uważam, wobec tych uwag, za korzystną zmianę liczb oryginalnych (τ) otrzymanych przez rozmaitych obserwatorów, różnymi termometrami i w najróżniejszych warunkach meteorologicznych. Jestem przekonanym, że bez jego użycia, materyał rzeczony nadawałby się jeszcze mniej do porównań.

Przykład objaśni praktyczne wykonywanie redukcyi. Roku 1875, dnia 23. sierpnia o 4^h p. m. Kolbenheyer obserwował przy Rybiem $t = 11{\cdot}2^0$ C. $\tau = 13{\cdot}0^0$ C; równoczesna średnia dzienna ciepłoty powietrza w Krakowie wynosiła $16{\cdot}4^0$ C. Różnica średnich dziennych temperatur powietrza w Krakowie i Dolinie Rybiego wynosiła więc

$$\text{Kr.} - \text{R} = 5{\cdot}23 + 0{\cdot}046 \,.\, 16{\cdot}4 = 6{\cdot}0,$$

zatem przybliżona średnia dzienna w Dolinie Rybiego

$$t_1 = 16{\cdot}4 - 6{\cdot}0 = 10{\cdot}4^0 \text{C.},$$

a wreszcie przybliżona średnia dzienna wód na powierzchni Rybiego

$$\tau_1 = 13{\cdot}0 + \tfrac{1}{5}(10{\cdot}4 - 11{\cdot}2) = 12{\cdot}8^0 \text{ C.}$$

W ten sposób przeszedłem cały starszy materyał obserwacyjny. Dodam od razu, że korekcyę taką stosowałem tylko do obserwacyj przy brzegu jeziora, zaś dla kilku zaledwie obserwacyj na środku jego wykonanych dołączałem tylko połowę jej wartości, gdyż tam zmiany dzienne są znacznie mniejsze aniżeli przy brzegu, jak o tem wielokrotnie się przekonałem. Gdzie obserwator nie podał równoczesnej ciepłoty powietrza, nie pozostawało nic innego, jak samą liczbę τ przyjąć za średnią dzienną; natomiast przy własnych moich pomiarach z lat

Digitized by Google

1891, 1892 i 1893, gdzie w ciągu każdego dnia ciepłota τ była 3—7 razy odczytywana, obliczałem liczbę τ_1 interpolacyą graficzną (na milimetrowym papierze) bez odnoszenia się do obserwacyi krakowskich. Pomiar prof. Rotha (21. sierpnia 1877) będący już średnią z kilku pomiarów zostawiłem niezmienionym.

To wszystko doprowadziło mię do następującego zestawienia:

Rok	data	τ_1	T	T'	T''	τ_1 jest średnią z odczytań
1860.	21/8	—	—	—	—	
1875.	23/8	12·8	16·4	19·3	18·8	
1876.	12/7	9·4	17·2	18·7	14·5	
1877.	9/8	11·6	22·2	17·6	17·7	
„	21/8	13·13	22·5	19·7	17·5	
1878.	19/7	8·4	16·8	15·6	16·5	
„	24/8	10·6	16·5	17·9	17·3	
1879.	24/7	8·7	14·9	15·8	18·1	
„	9/8	(10·4)	18·1	18·7	17·4	
„	23/8	11·9	20·2	16·4	17·3	
1883.	24/8	11·3	16·9	17·3	18·5	
1884.	20/8	12·2	17·5	16·7	17·9	
1886.	6/8	11·1	16·8	17·1	15·9	
1888.	30/8	10·5	18·8	15·4	17·3	
1890.	4/8	13·3	26·0	18·0	16·6	
„	5/8	13·4	25·4	18·5	16·6	
1891.	5/8	9·5	16·5	17·6	17·2	
„	6/8	9·7	15·5	17·3	17·3	
„	7/8	9·6	14·3	16·9	17·3	
„	8/8	9·3	13·4	16·3	17·3	
1892.	28/6	8·7	19·6	17·2	14·5	
„	10/7	11·56	18·7	18·0	16·0	3
„	11/7	11·95	17·7	18·0	16·1	4
„	12/7	12·32	18·1	18·0	16·2	3
„	13/7	11·13	15·9	17·8	16·4	3
„	14/7	10·85	17·1	17·4	16·6	5
„	15/7	10·96	17·2	17·4	16·7	7
„	16/7	10·87	16·8	17·7	16·7	6
„	17/7	11·42	17·5	17·9	16·7	7
„	18/7	10·82	16·7	18·0	16·9	3
„	19/7	10·22	13·2	17·7	17·0	7
„	20/7	10·48	14·6	17·4	17·2	7
„	21/7	11·03	16·1	17·3	17·3	7

Digitized by Google

Rok	data	τ_1	T	T'	T''	τ_1 jest średnią z odczytań
1892.	8/8	11·2	18·1	16·5	17·4	3
„	9/8	11·7	20·0	16·9	17·4	3
„	10/8	9·7	19·9	17·3	17·4	3
„	11/8	12·2	15·5	17·2	17·4	3
„	12/8	12·3	15·5	17·1	17·4	3
„	13/8	11·2	17·0	17·1	17·4	3
„	14/8	13·3	18·9	17·2	17·4	3
„	15/8	14·3	21·8	17·4	17·4	3
„	16/8	13·9	22·2	17·7	17·3	3
„	17/8	14·4	22·1	18·0	17·3	3
„	18/8	14·8	23·5	18·4	17·3	3
„	19/8	15·0	24·5	19·0	17·3	3
„	20/8	12·8	24·6	19·7	17·3	3
„	21/8	13·7	24·8	20·4	17·2	3
„	22/8	13·3	22·9	20·7	17·2	3
„	23/8	14·0	21·6	21·0	17·1	3
„	24/8	14·6	22·6	21·2	17·2	3
„	25/8	13·6	22·7	21·3	17·2	3
„	26/8	12·9	18·8	21·6	17·2	3
„	27/8	12·0	16·7	21·6	17·1	3
„	28/8	13·3	16·8	21·6	17·0	3
„	29/8	12·8	20·6	21·7	17·0	3
„	30/8	14·4	21·5	21·7	17·2	3
„	31/8	—	(22·0)	(21·7)	(17·4)	—
„	1/9	12·4	18·9	21·5	17·5	3
„	2/9	12·6	16·5	21·0	17·6	3
„	3/9	12·8	17·4	20·6	17·8	3
„	4/9	12·6	18·2	20·1	17·9	3
„	5/9	13·1	15·5	19·5	18·1	3
„	6/9	13·6	14·8	19·0	18·1	3
„	7/9	11·4	14·8	18·5	18·1	3
„	8/9	11·1	13·6	17·9	18·2	3
„	9/9	11·9	13·7	17·3	18·3	3
„	10/9	11·4	15·6	17·1	18·3	3
„	11/9	10·8	15·7	17·0	18·4	3
„	12/9	11·7	16·1	17·0	18·4	3
„	13/9	13·6	16·7	16·7	18·4	3
„	14/9	11·5	18·6	16·5	18·5	3
„	15/9	11·8	18·4	16·3	18·6	3
„	16/9	12·0	19·1	16·3	18·7	3

Digitized by Google

Rok	data	τ_1	T	T'	T''	τ_1 jest średnią z odczytań
1892.	17/9	11·1	20·9	16·6	18·8	3
„	18/9	11·3	14·1	16·4	18·8	3
„	19/9	10·8	13·3	16·1	18·9	3
„	20/9	9·9	14·0	16·0	18·8	3
„	21/9	11·9	15·2	16·0	18·7	3
„	22/9	11·5	16·3	16·1	18·7	3
„	23/9	11·5	18·5	16·4	18·6	3
„	21/10	(3½)	—	—	—	
(Początki zamarzania jeziora).						
1893.	29/6	7·7	19·8	17·5	13·5	
„	25/7	10·9	19·4	18·4	16·1	
„	26/7	11·5	20·8	18·4	16·2	
„	27/7	11·3	22·2	18·5	16·5	
„	28/7	12·5	20·4	18·5	16·6	
„	29/7	12·1	20·0	18·5	16·8	
„	30/7	11·6	16·4	18·5	16·8	
„	31/7	11·3	16·4	18·5	16·9	
„	1/8	10·6	14·7	18·3	17·0	
„	2/8	10·6	15·4	18·3	17·0	
„	3/8	10·8	16·0	18·4	17·0.	

Średnie τ_1 w szeregu od 8. sierpnia do 23. września 1892., najdłuższym i najbardziej systematycznym, jaki wogóle posiadamy dla Rybiego — są wprost średniemi arytmetycznemi z trzech dziennych odczytań wykonywanych stale w terminach 7 a., 2 p., 7 p., albo też bardzo zbliżonych do tych godzin. Wobec braku dostatecznie pewnych średnich dziennych temperatury powietrza przy Rybiem wydawało mi się rzeczą właściwszą odnieść wszystkie istniejące wartości τ_1 do obserwacyi termometrycznych w Krakowie, gdzie dla każdego dnia ubiegłego 70-ciolecia daje się dokładnie podać średnia dzienna. Przynależne wartości tych średnich są w naszej tabeli umieszczone pod nagłówkiem *T*. Obok tej kolumny znajdują się jeszcze dwie inne pod nagłówkami T', resp. T''; zawierają one w sobie liczby, których użyteczność w niniejszem poszukiwaniu poznamy niebawem. W tej chwili wystarczy objaśnić ich pochodzenie. Pierwsza z nich (T') jest krakowską średnią arytmetyczną najbliższej piętnastodniówki poprzedzającej obserwacyę ciepłoty wody Rybiego, druga (T'') taką samą średnią 45-cio dniówki jeszcze bardziej wstecz leżącej [1]). Co spowo-

[1]) Zauważę, że użyłem tutaj wprost średnich ¼ ($6^h + 2^h + 10^h$) bez redukcyi na średnie 24-godzinne, jakoteż bez wyrównywania liczb wzorem Bloxam'a.

Digitized by Google

dowało mię do wprowadzenia obu tych ilości (prócz średniej dziennej T), oraz co nakazywało obrać tę właśnie postać wstecznych średnich temperatur krakowskich, wyłuszczam poniżej.

Rozpatrywanie uważniejsze liczb w ostatniej tabeli zawartych, pozwala stwierdzić bezpośrednio, co następuje:

1) Roczny ruch ciepłoty na powierzchni jeziora pozostaje w ścisłej zależności od rocznego ruchu ciepłoty powietrza przy jeziorze, a obydwa te ruchy są oczywiście zarówno okresowe.

2) Zależność średniej dziennej τ_1 od pochodu średnich dziennych ciepłot powietrza jest tak wybitna, że odnosząc ilości τ_1 nawet do równoczesnego pochodu średnich T, obserwowanych w Krakowie, znajdujemy niewątpliwy związek między obydwiema ilościami. W ogólności daje się dopatrzeć równoczesny wzrost lub zmniejszanie się obu tych liczb; wydarzająca się tu i owdzie jednodniowa różnica daty, odnoszącej się do wydatniejszej zmiany w ilościach τ_1, T, tłomaczy się dostatecznie niezupełną równoczesnością pochodu temperatury powietrza w Krakowie i w Dolinie Rybiego, miejscowościach odległych od siebie bądź co bądź zawsze o 10 myriametrów.

Zauważmy już z góry, że wzajemną zależność obu ciepłot τ_1, T należy pojmować nie jako bezpośrednią, ale tylko jako pośrednią, o ile one obie są zawisłe równocześnie od trzeciego czynnika, dla którego jednak dotąd — niestety — nie posiadamy żadnych ilościowych oznaczeń. Już przy badaniu zmian dziennych widzieliśmy, że pochód zmian ciepłoty na powierzchni jeziora zależy nie tyle od ciepłoty powietrza unoszącego się nad wodą, ile od bezpośredniego działania promieni słonecznych, t. j. t. zw. insolacyi. Wiadomo zaś, że sama średnia dzienna ciepłota powietrza zależy niemal wyłącznie (w miesiącach letnich) od wielkości insolacyi. Warstwa powietrza n. p. cieplejszego od wody, na której ona spoczywa, może spowodować tylko bardzo nieznaczne ogrzanie się samej wody, jeżeli zważymy na bardzo słabe przewodnictwo ciepła u wody.

3) Ciepłota τ_1 nie może być uważaną jako zależna wyłącznie od równoczesnej wartości ciepłoty T, a więc także od równoczesnej średniej dziennej t_1 powietrza przy jeziorze. Nietylko bowiem w rozmaitych latach dla tej samej wartości na T znajdujemy τ_1 bardzo różnem, ale spotykamy się z tym objawem nawet w przeciągu jednego i tego samego roku. Tak n. p. w trzech rozmaitych dniach 9. sierpnia 1877, 16. sierpnia 1892. i 27. lipca 1893. r. ciepłota T wynosiła każdym razem 22·2° C., zaś ciepłoty τ_1 były wówczas

11·6° C., 13·9° C., 11·3° C.;

Digitized by Google

w trzech dniach 9. sierpnia 1879., 12. lipca 1892. i 8. sierpnia 1892. roku, ilość T była równa 18·1° C., zaś τ_1 posiadała wartości

10·4° C., 12·3° C., 11·2° C.;

podobnie w dniach 19. lipca 1878., 16. lipca 1892. i 28. sierpnia 1892. roku ciepłota T wynosiła każdym razem 16·8° C., podczas gdy ilość τ_1 posiadała wówczas bardzo odmienne wartości

8·4° C., 10·9° C., 13·3° C.,

i t. d. Stąd wnoszę, iż każdorazowa wartość ciepłoty τ_1 zależy nietylko od równoczesnej ciepłoty T, ale także od jakości przebiegu zjawisk aërotermicznych w dniach poprzedzających dzień obserwacyi. Będzie rzeczą osobnego rozważania, jak daleko wstecz należy się cofnąć, ażeby w rzeczonym przebiegu znaleźć dostateczny czynnik, tłomaczący zmienność ciepłoty τ_1.

4) Najwyższa dotąd obserwowana ciepłota na powierzchni Rybiego wynosiła 15·9° C. przy ciepłocie powietrza 25·2° C. (po południu dnia 19. sierpnia 1892. r.), a dla T wynoszącego 24·5° C.; najniższa obserwowana dotąd w czasie zupełnej płynności jeziora 7·7° C. (dnia 29. czerwca 1893. r.), przyczem T było równem 19·8° C.; najniższa wogóle możebna dla ciekłej wody pod skorupą lodową, bardzo blizko 0° C., jak to poniżej zobaczymy. Z uwagi, że ciepłota 15·9° C. odpowiadała porze nadzwyczajnych upałów w sierpniu 1892. r. (od których jedynie upały z końca czerwca 1833. r. możnaby nazwać nieco większymi), możemy ciepłotę 16° C. przyjąć za kres, do którego wogóle ciepłota na powierzchni Rybiego w ostatniem 70-cioleciu wyjątkowo dojść mogła. W tymże samym czasie absolutna wielkość chwiania się (der momentane Unterschied) ciepłoty wynosiła w Krakowie 70° C., przy Rybiem zapewne kilka stopni mniej[1]): termiczna amplituda 16° wody Rybiego (ciekłej) jest więc, okrągło biorąc, zaledwo czwartą częścią rocznych odmian ciepłoty, dokonywających się w otaczającem ją powietrzu.

Punkty 2. i 3. zasługują przedewszystkiem na bliższe rozpatrzenie. Podobnie jak średnia dzienna ciepłota powietrza, tak i τ_1 nie jest wcale przywiązaną do daty kalendarzowej, skoro dla tych samych dni w różnych latach posiada ona wartości niekiedy znacznie różniące się

[1]) Z powodu, że zimą różnica termiczna między stacyą na nizinie (Kraków), a miejscowością na stoku górskim jest mniejszą, aniżeli latem. Położenie kotlin zamykających jeziora wyklucza natomiast, mojem zdaniem, t. zw. zimowe dla nich odwrócenie ubywania ciepłoty w miarę wznoszenia się. O szczytach tutaj nie mówimy.

Digitized by Google

pomiędzy sobą. Wystarczy n. p. porównać liczby z dnia 9. sierpnia 1877. i 1879. r., dalej z dnia 23. sierpnia 1875. i 1879. roku. i t. d Najbardziej też pouczającem jest zestawienie liczb z różnych lat z czasu około 24. sierpnia, kiedy Rybie najczęściej było zwiedzane. Zważając, iż o tej porze, jako blizkiej rocznego maximum ilości τ_1, zmiany roczne przy różnicy 3 lub 4 dni są na rzecz samą bez wpływu, otrzymamy krótkie zestawienie:

Rok	Woda	(Sierpień)	Lipiec	Czerwiec	Maj
1875.	12·8° C.	18·43° C.	18·78° C.	20·34° C.	13·04° C.
1877.	14·3	18·68	17·93	18·10	10·59
1878.	10·6	18·14	16·55	17·08	13·38
1879.	11·9	17·57	16·38	18·29	12·27
1883.	11·3	16·77	18·80	17·00	12·60
1884.	12·2	16·87	18·70	14·90	13·40
1888.	10·5	16·75	16·80	16·20	13·60
1892.	13·1	19·60	16·92	17·36	13·44
Średnia . .	12·1	17·85	17·61	17·41	12·79,

skąd widać, że chwiania się istotnych ciepłot około tego czasu po obu stronach średniej 12·1 przekraczają całe dwa stopnie. W celu poznania zależności tych wahnień od termicznego charakteru w pojedynczych latach, dołączyłem zaraz (kolumna 3—6) średnie krakowskie z ubiegłej części sierpnia (pierwszych 23 dni), całego lipca, czerwca i maja.

Tworząc różnice z osobnych liczb i odpowiednich średnich (liczba — średnia), jakoteż porządkując je według ich wielkości, otrzymamy tabelkę:

Rok	Woda	(Sierpień)	Lipiec	Czerwiec	Maj
1888	—1·6	—1·10	—0·81	—1·21	+0·81
1878	—1·5	+0·29	—1·06	—0·33	+0·59
1883	—0·8	—1·08	+1·19	—0·41	- 0·19
1879	—0·2	—0·28	—1·23	+0·88	—0·52
1884	+0·1	—0·98	+1·09	+0·49	+0·61
1875	+0·7	+0·58	+1·17	+2·93	+0·25
1892	+1·0	+1·75	—0·69	—0·05	+0·65
1877	+2·2	+0·83	+0·32	+0·69	—2·20.

Pomimo całej szczupłości tego zestawienia, widać stąd wyraźnie, że odmiany temperatury wody są w pierwszym rzędzie zależne od ciepłoty powietrza w najbliższych kilku tygodniach poprzedzających dzień obserwacyi (tutaj ± trzech pierwszych tygodniach sierpnia). Łatwe, ale nie bez mozołu rachunkowego dokonane, podobne zestawie-

Digitized by Google

nia próbne całego materyału obserwacyjnego w przypuszczeniu wpływu 5-ciu, 10, 15 i 20 dni minionych na zmiany hydrotermiczne (porównaj rozdział poprzedzający) pouczyły mię, że przypuszczenie »15-dniowego« wpływu najlepiej jeszcze objaśnia główną część różnic dostrzeganych. Ta właśnie okoliczność spowodowała, że w celu bliższego zbadania zmienności liczby τ_1 wprowadziłem argumenty T' (średnią dzienną krakowską), oraz T^v (średnią z ubiegłych trzech pięciodniówek czyli pentad), od których owa zmienność przedewszystkiem jest zależną. Oczywista, że takiego określenia zależności nie należy brać w znaczeniu, jakoby n. p. ciepłota powietrza w 16-tym lub 17-tym dniu poprzedzającym obserwacyę przy Rybiem miała już nie wpływać na przebieg zmian ilości τ_1: przyjęcie owej piętnastodniówki za drugi argument pozostaje tylko wyrazem faktu, że ciepłota powietrza w dniach najbliższych wpływa najbardziej na wielkość ilości τ_1 i że ciepłoty powietrza w dniach odleglejszych wywierają na nią wpływ coraz słabszy. Próbne zestawienia, o których wspomniałem, pouczyły mię dalej, że uczyniwszy τ_1 zawisłem od obu zmiennych T, T^v nie osiągamy jeszcze dostatecznej zgodności rachunku z obserwacyą, a pozostałe różnice wskazywały dość wyraźnie, że nadto ciepłoty powietrza w dniach jeszcze odleglejszych nie pozostają bez wpływu na przebieg zjawiska. Jeżeli powrócimy do ostatniej naszej tabelki, która na wszelki sposób może mieć wartość informacyjną, to spostrzeżemy m. i., że za niskiej (o 1·5°) ciepłoty Rybiego około 23. sierpnia 1878. roku nie zdołają wytłómaczyć same sierpniowe ciepłoty powietrza, które wówczas — biorąc średnio — nawet o +0·29° były za wysokie. Daje się ona jedynie objaśnić za nizką temperaturą obydwóch poprzedzających miesięcy, t. j. czerwca, a zwłaszcza lipca 1878. To samo umiarkowana zwyżka +0·83° pierwszych trzech tygodni sierpnia r. 1877. nie zdoła sama przez się wytłómaczyć wielkiej zwyżki +2·2° ciepłoty wody, jeżeli zważymy, że dwa razy większa od tamtej zwyżka (+1·75°) ciepłoty powietrza (r. 1892.) zdołała doprowadzić zwyżkę ciepłoty wody tylko do +1·0°. Rzecz objaśnia się jednak w zupełności dwiema zwyżkami ciepłoty powietrza w obu poprzednich miesiącach (+0·32 w lipcu. +0·69 w czerwcu) 1877. r., jakoteż dwiema podobnemi zniżkami w r. 1892. (—0·69 lipiec, — 0·05 czerwiec).

Takie rozważania nakazywały wprowadzić — prócz dwóch argumentów T' i T'' — jeszcze trzeci, zależny od przebiegu ciepłoty powietrza sięgającego wstecz co najmniej dwóch miesięcy. Wybór jakości trzeciego takiego argumentu przedstawiał pewną nieoznaczoność: można było poza ową piętnastodniówkę cofnąć się o miesiąc, półtora, lub jeszcze więcej tak, iż dochodziłoby się w ten sposób do dni wyprze-

Digitized by Google

dzających dzień obserwacyi przy Rybiem o $1^1/_2$. 2 lub więcej nieco miesięcy. Ze względu, iż w jeszcze dalszym miesiącu (więc maju w naszej informacyjnej tabelce) żaden już wpływ na zmienność ciepłoty τ_1 nie dał się wyśledzić, dalej że zbyteczne takie cofanie się doprowadziłoby nas do pory, w której jezioro niezawodnie jeszcze skorupą lodową jest pokryte, należało pod tym względem zachować pewne umiarkowanie. Przyjmując ostatecznie średnią z 45-dniówki jeszcze odleglejszej za ów trzeci argument ($= T'''$), byłem zdania, że pogodziłem ze sobą, ile to się dało, dwa owe sprzeczne ze sobą wymagania: dopuszczenia wpływu ciepłoty z dni dość odległych i ograniczenie długości tego czasu z powodu całkiem zmienionego ustroju jeziora w miesiącach tak zimowych jak i wczesnych wiosennych.

Materyał obserwacyj hydrotermicznych Jeziora Rybiego — najobfitszy, jaki wogóle dla któregokolwiek jeziora tatrzańskiego do tej pory istnieje, zachęcił mię do ściślejszego nieco wyznaczenia ilościowego wpływu ciepłot T, T' i T''' na przebieg zmian rocznych temperatury τ_1, a to przynajmniej w porze letniej. W tem, co następuje, zawiera się próba ujęcia w karby matematyczne rzeczonych zjawisk — próba, jak mniemam, pierwsza tego rodzaju. Stosownie do poprzednich naszych uwag należy sobie wyobrażać, że na wytworzenie ilości τ_1 danej obserwacyami, składają się w nierównej mierze t r o j a k i e przyrosty, a to proporcyonalne do odrębnych trzech argumentów T, T', T''' wspólnie z czwartą ilością od żadnego z nich niezależną, tak, iż najprostszy związek, jaki w tej mierze wyobrazić sobie można, byłby

$$\tau_1 = \tau_0 + \alpha T + \alpha' T' + \alpha'' T''', \tag{1}$$

gdzie τ_0, α, α', α'' miałyby być ilościami stałemi przynajmniej w porach lata i na początku jesieni. Istniejące daty obserwacyjne powinny umożebnić wyznaczenie rzeczonych stałych chociażby w przybliżeniu.

Do tego celu niewszystkie obserwacye nadają się w równym stopniu. Najdłuższy i prawie nieprzerwany szereg obserwacyjny od 8. sierpnia do 23. września 1892. będzie niezawodnie najwłaściwszy do zbadania ilościowego wpływu średniej dziennej T, oraz średniej T' na naszą ilość τ_1, t. j. do wyznaczenia wartości stałych α i α'; znacznie mniej będzie się on nadawał do wyznaczenia pozostałych dwóch stałych τ_0, α'', zwłaszcza ostatniej. Ta ilość będąca współczynnikiem średnich $1^1/_2$ miesięcznych, jest bowiem zawisłą już niemal od ogólnego t y p u termicznego w danym roku (ściślej mówiąc: w pierwszej części lata); wyznaczenie jej będzie zatem wymagało interwencyi lat o rozmaitych typach termicznych.

Teoretycznie biorąc, wyznaczenie naszych stałych powinno się

Digitized by Google

odbyć w sposób następujący. Dla każdego dnia, w którym jest znana wartość τ_1, jakoteż przynależne jej wartości liczb T, T', T'', należałoby wypisać jedno równanie kształtu (1), a ze wszystkich tak otrzymanych równań obliczyć najprawdopodobniejsze wartości tych czterech stałych n. p. metodą najmniejszych kwadratów. Tak n. p. obserwacye z dnia 8. sierpnia 1892. pozwoliłyby natychmiast napisać jedno takie równanie

$$\tau_0 + 18{\cdot}1\alpha + 16{\cdot}5\alpha' + 17{\cdot}4\alpha'' = 11{\cdot}2,$$

i t. d., a równań takich byłoby około 90. Zachód rachunkowy, jaki byłby połączony z takiem wyznaczaniem, i mozół na to wyłożony nie pozostawałby jednak w żadnym stosunku z dokładnością, jaką możnaby sobie tutaj obiecywać. Każdy meteorolog wie dobrze, że bezpieczniej bywa w takich razach zwiększyć dokładność pojedynczych oznaczeń przez wzięcie odpowiednich średnich, chociaż mnogość tych oznaczeń ulegnie skutkiem tego znacznemu pomniejszeniu. Ten wzgląd, oraz okoliczność, że nasz materyał jest sporadycznym, nakazywały czynność wyrównania liczb obserwacyjnych wykonać sposobem nieco odmiennym.

Wspomniałem już, że do wyznaczenia wartości stałych α i α' najodpowiedniejszy jest 46-dniowy szereg z sierpnia i września 1892, obejmujący razem blizko 150 pojedynczych odczytań termometru. Po części wpływy perturbujące, jak wiatr wytwarzający falę na jeziorze, a więc mieszający jego wody do pewnej głębokości, dalej deszcz zlewający bezpośrednio powierzchnię jeziora, a pośrednio zasilający jego wody dopływami o ciepłocie różnej od normalnych jego dopływów, a wreszcie niezupełna równoczesność pochodu temperatury powietrza przy Rybiem i w Krakowie, wszystkie te okoliczności doradzały wprowadzić do rachunku liczby, w którychby owe niejednostajności zostały chociażby częściowo zatarte. Tworząc średnie z pięciodniówek (pentad), od dnia 8. sierpnia 1892. poczynając, i opatrując nadto otrzymane liczby drobną korekcyą + 0·013, jaką wykazały rozważania ruchu dziennego, otrzymuję następujące zestawienie:

		τ	T	T'	T''	t
pentada	8/8—12/8	11·446	17·80	17.00	17·40	14·48
„	13/8—17/8	13·433	20·40	17·48	17·36	16·23
„	18/8—22/8	14·020	24·06	19·64	17·26	20 29
„	23/8—27/8	13·433	20·48	21·34	17·16	14·88
„	28/8— 1/9	13·190	19·96	21·64	17·22	15·93
„	2/9— 6/9	12·960	16·48	20·04	17·90	14·01
„	7/9—11/9	11·320	14·68	17·56	18·26	8·84

Digitized by Google

		τ	T	T'	T''	t
pentada	12/9—16/9	12·140	17·78	16·56	18·52	14·00
„	17/9—21/9	11·006	15·50	16·22	18·80	11·11
trzydniówka	21/9—23/9	11·635	16·67	16·17	18·67	11·68

W ostatniej kolumnie dołączyłem jeszcze odpowiednie średnie ciepłoty powietrza przy Rybiem, które później będą nam przydatne. Oczywiście, że trzecie cyfry dziesiętne, znajdujące się przy ilościach τ, nie posiadają żadnego znaczenia, a zachowane zostały jedynie dla zabezpieczenia, ile się to da, drugich cyfr dziesiętnych. Pentada 28/8—1/9 utworzona została w ten sposób, że zamiast średniej dziennej dnia 31/8, w którym obserwacyi nie wykonywano, wzięto średnią z czterech dni 29/8, 30/8, 1/9 i 2/9. Ostatnie liczby naszego zestawienia odpowiadają już tylko trzydniówce 21/9—23/9, gdyż obserwator opuścił w tym dniu Dolinę Rybiego.

Tabelka ta pozwala natychmiast wypisać dziesięć równań kształtu

$$t_0 + 17{\cdot}80\alpha + 17{\cdot}00\alpha' + 17{\cdot}40\alpha'' = 11{\cdot}446$$

i t. d., z których zwykłymi sposobami możnaby szukać wartości stałych τ_0, α, α', α''. Zważając jednak, że równania te wyczerpują dopiero blizko połowę całego materyału obserwacyjnego, dalej, że współczynniki przy α'' posiadają wartości mało co różne, nie możemy żądać, ażeby stąd dała się wyprowadzić wartość stałej α'' z pożądaną dokładnością. Co do ilości τ_0, to wartość jej będzie zapewne w związku z wcześniejszymi jeszcze stosunkami ciepłoty powietrza; bodaj więc czy nie będzie ona zależną od pory, rychlejszej lub późniejszej, w której Rybie wiosną odmarza, a jeżeli tak, to wartość jej, jakoteż ewentualna jej zmienność, może się dać wyznaczyć dopiero z objawów hydrotermicznych w kilku lub kilkunastu latach. Skutkiem tego część materyału, którą obecnie roztrząsamy, może się jedynie nadawać do wyznaczenia stałych α i α'; jest ona do tego celu rzeczywiście b a r d z o o d p o w i e d n i ą, gdyż zmienność współczynników przy α dochodzi niemal do 10°, zaś współczynników przy α' przekracza 5°.

Należy więc pozbyć się ilości τ_0 z naszych równań, a zarazem wpływ ilości α'' na przebieg rachunku jak najbardziej ograniczyć. To osiągniemy w następujący sposób.

Dziesiąta część sumy wszystkich dziesięciu równań (posiadających ważności prawie jednakowe) będzie

$$\tau_0 + 18{\cdot}38\alpha + 18{\cdot}37\alpha' + 17{\cdot}86\alpha'' = 12{\cdot}458\ ;$$

odejmując teraz ten związek kolejno od każdego z dziesięciu ró-

Digitized by Google

wnań i przenosząc wyrazy zawierające α'' na prawą stronę, otrzymamy nowy układ

$$\begin{aligned}
-0{\cdot}58\alpha - 1{\cdot}37\alpha' &= -1{\cdot}012 + 0{\cdot}46\alpha'' \\
+2{\cdot}02\alpha - 0{\cdot}89\alpha' &= +0{\cdot}975 + 0{\cdot}50\alpha'' \\
+5{\cdot}68\alpha + 1{\cdot}27\alpha' &= +1{\cdot}562 + 0{\cdot}60\alpha'' \\
+2{\cdot}10\alpha + 2{\cdot}97\alpha' &= +0{\cdot}975 + 0{\cdot}70\alpha'' \\
+1{\cdot}58\alpha + 3{\cdot}27\alpha' &= +0{\cdot}732 + 0{\cdot}64\alpha'' \\
-1{\cdot}90\alpha + 1{\cdot}67\alpha' &= +0{\cdot}502 - 0{\cdot}04\alpha'' \\
-3{\cdot}70\alpha - 0{\cdot}81\alpha' &= -1{\cdot}138 - 0{\cdot}40\alpha'' \\
-0{\cdot}60\alpha - 1{\cdot}81\alpha' &= -0{\cdot}318 - 0{\cdot}66\alpha'' \\
-2{\cdot}88\alpha - 2{\cdot}15\alpha' &= -1{\cdot}452 - 0{\cdot}94\alpha'' \\
-1{\cdot}71\alpha - 2{\cdot}20\alpha' &= -0{\cdot}823 - 0{\cdot}81\alpha''.
\end{aligned}$$

Ponieważ stąd mamy ostatecznie wydobyć najprawdopodobniejsze wartości tylko dwóch ilości α, α', zaś dla trzeciej α' utworzymy poniżej inny szereg równań właściwszych do wyznaczenia jej wartości, więc związki dopiero napisane należy tak wyrównać, jak gdyby prawe ich strony zawierały tylko same znane wartości. Metodą najmniejszych kwadratów otrzymujemy stąd dwa równania warunkowe

$$\left.\begin{aligned}
72{\cdot}46\alpha + 28{\cdot}48\alpha' &= 23{\cdot}669 + 12{\cdot}676\alpha'' \\
28{\cdot}48\alpha + 39{\cdot}98\alpha' &= 15{\cdot}059 + 9{\cdot}114\alpha''
\end{aligned}\right\} \text{skąd} \quad \begin{aligned}
\alpha &= 0{\cdot}2481 + 0{\cdot}1185\alpha'' \\
\alpha' &= 0{\cdot}2000 + 0{\cdot}1435\alpha'',
\end{aligned}$$

a wyrażenia te pozwolą znaleźć α i α', jeżeli tylko wytworzymy jeszcze jeden związek korzystnie wyznaczający stałą α''.

Do tego celu nadają się przedewszystkiem te oznaczenia, których ilości T'' posiadają pomiędzy sobą znaczniejsze różnice. W roku 1892., na którego obserwacyach należy się nam głównie oprzeć, posiadamy jednę obserwacyę z dnia 28. czerwca bardzo pożądaną z powodu że T'' posiada tutaj wartość (14·5°) znacznie mniejszą od pozostałych; równanie odpowiadające tej obserwacyi wypadało pozostawić nienaruszonem, t. j. nie łączyć go w średnią z innemi. Dalej nieużyte dotąd obserwacye z lipca 1892 w liczbie 12. średnich dziennych, dla których T'' chwiało się między 16° a 17°, połączone w średnie odpowiadające dwom sześciodniówkom, dadzą dwa nowe równania. Co do „długiego“ szeregu obserwacyjnego od 8. sierpnia do 23. września 1892., to z liczb w nim zawartych należy teraz tylko umiarkowanie korzystać i — z powodu, że były one już użytemi przy rachunku współczynników α, α' — wyznaczenia stałej α'' nie przeładowywać aż 10-ma równaniami wytworzonemi z tego szeregu. Gdy obecnie rozchodzi się o wydobycie najprawdopodobniejszej wartości jednej tylko stałej, a nie dwóch, jak poprzednio, wydaje się właściwe pomniejszyć liczbę równań

Digitized by Google

do połowy, w przeciwnym bowiem razie wpływ równań nie pochodzących z tego szeregu obserwacyjnego, byłby nadto podrzędny. Łącząc daty tego szeregu dziesięciodniówkami [1]) w średnie, otrzymamy pięć nowych równań, mających służyć do znalezienia stałej α''. Te dotąd otrzymane równania będą więc

$$\tau_0 + 19{\cdot}60\alpha + 17{\cdot}20\alpha' + 14{\cdot}50\alpha'' = 8{\cdot}70 \quad \text{z czerwca 1892. r.}$$

$$\left.\begin{aligned} \tau_0 + 17{\cdot}45\alpha + 17{\cdot}77\alpha' + 16{\cdot}33\alpha'' &= 11{\cdot}46 \\ \tau_0 + 15{\cdot}82\alpha + 17{\cdot}67\alpha' + 16{\cdot}97\alpha'' &= 10{\cdot}31 \end{aligned}\right\} \text{z lipca 1892.}$$

$$\left.\begin{aligned} \tau_0 + 19{\cdot}10\alpha + 17{\cdot}24\alpha' + 17{\cdot}38\alpha'' &= 12{\cdot}44 \\ \tau_0 + 23{\cdot}40\alpha + 20{\cdot}21\alpha' + 17{\cdot}23\alpha'' &= 13{\cdot}98 \\ \tau_0 + 18{\cdot}09\alpha + 21{\cdot}09\alpha' + 17{\cdot}44\alpha'' &= 12{\cdot}89 \\ \tau_0 + 15{\cdot}13\alpha + 17{\cdot}56\alpha' + 18{\cdot}28\alpha'' &= 11{\cdot}94 \\ \tau_0 + 16{\cdot}84\alpha + 16{\cdot}27\alpha' + 18{\cdot}71\alpha'' &= 11{\cdot}33 \end{aligned}\right\} \text{z sierpnia i września 1892. r.}$$

Ażeby się pozbyć ilości τ_0, a zarazem ujednostajnić różną ważność tych równań warunkowych, odejmuję pierwsze z nich (polegające na jedynej lubo bezpiecznej obserwacyi) od pozostałych siedmiu, a podstawiając następnie za α i α' wartości poprzednio otrzymane i porządkując, otrzymuję

$$1{\cdot}66\alpha'' = 3{\cdot}18$$
$$2{\cdot}09\alpha'' = 2{\cdot}45$$
$$2{\cdot}83\alpha'' = 3{\cdot}86$$
$$3{\cdot}61\alpha'' = 3{\cdot}74$$
$$3{\cdot}32\alpha'' = 3{\cdot}79$$
$$4{\cdot}36\alpha'' = 4{\cdot}28$$
$$3{\cdot}75\alpha'' = 3{\cdot}50.$$

Starsze obserwacye nie dostarczają żadnego równania warunkowego, przydatnego do wyznaczenia stałej α''. Natomiast pojedyncza obserwacya z dnia 29. czerwca 1893., oraz dziesięciodniowy szereg z końca lipca i początku sierpnia tego roku, zawierający daty dotąd jeszcze nie użyte, dostarczą dwóch ostatnich równań. Rozdzielając ten szereg na dwie pięciodniówki i tworząc średnie, otrzymamy

$$\tau_0 + 19{\cdot}8\ \alpha + 17{\cdot}5\ \alpha' + 13{\cdot}5\ \alpha'' = 7{\cdot}7$$
$$\tau_0 + 20{\cdot}56\,\alpha + 18{\cdot}46\,\alpha' + 16{\cdot}44\,\alpha'' = 11{\cdot}66$$
$$\tau_0 + 15{\cdot}78\,\alpha + 18{\cdot}40\,\alpha' + 16{\cdot}94\,\alpha'' = 10{\cdot}98;$$

odejmując znowu, jak poprzednio, pierwsze z nich od dwóch pozostałych (w celu pozbycia się ilości τ_0), podstawiając za α, α' znalezione wartości i porządkując, otrzymamy

[1]) Z powodu, że liczba 46 dni nie jest przez 10 podzielną, wykonałem to połączenie według schematu $(10 + 8 + 10 + 8 + 10) = 46$ dni.

Digitized by Google

$$3{\cdot}16\,\alpha'' = 3{\cdot}58,$$
$$3{\cdot}10\,\alpha'' = 4{\cdot}09.$$

Ze wszystkich dziewięciu tak otrzymanych równań. metodą najmniejszych kwadratów znajdujemy końcowe równanie

$$90{\cdot}85\,\alpha'' = 103{\cdot}18,$$

skąd

$$\alpha'' = +1{\cdot}136,$$

z prawdopodobnym błędem ± 0·047.

Wykluczając jednak z rachunku pierwsze równanie, którego niezgodność rachunku z obserwacyą jest największa (przeszło cztery razy większa od średniej niezgodności pozostałych równań), otrzymujemy nieco dokładniej

$$\alpha'' = +\,1.112$$

z prawdopodobnym błędem ± 0·036. Skutkiem tego będzie

$$\alpha = 0{\cdot}380; \quad \alpha' = +\,0{\cdot}360$$

z prawdopodobnymi błędami sięgającymi $\pm \frac{1}{30}$ tych wartości.

Pozostaje jeszcze wyznaczyć stałą τ_0, oraz zobaczyć, czy posiada ona w różnych latach wartość jednaką. Według powyższego będziemy mieli

$$\tau_0 = \tau_1 - (0{\cdot}38\,T + 0{\cdot}36\,T' + 1{\cdot}11\,T''),$$

skąd dla każdej obserwacyi możnaby — gdyby na tem zależało — znaleźć wartość przynależną τ_0. Ponieważ jednak poprzedzające wywody opierały się na zasadzie, że τ_0 jest — przynajmniej w ciągu danego roku — stałe, więc wystarczy obliczyć te wartości jedynie na osobne lata. Zaleca się przecież dla lat bogatszych w daty obserwacyjne obliczyć tę ilość także z pojedynczych partyj obserwacyjnych, więc np. ze średnich, odpowiadających odrębnym pięciodniówkom w sierpniu i wrześniu 1892, z czerwcowych (rzadkich i prawie wyjątkowych!) obserwacyj w 1892 i 1893 itd. Tak otrzymałem następujące zestawienie.

Starszy materyał.

	τ_0	ilość dni obserwacyi		τ_0	ilość dni obserwacyi
1875	— 21·2° C	1	1884	— 20·3	1
1876	— 20·0	1	1886	— 19·1	1
1877	— 22·8	2	1888	— 21·4	1
1878	— 21·6	2	1890	— 21·4	2
1879	— 21·8	2	1891	— 21·4	4 dni
1883	— 21·9	1			

Digitized by Google

Nowszy materyał.

	τ_0	ilość dni obserwacyi
1892, obserwacya czerwcowa	— 21·0	1
„ obserwacye lipcowe	— 19·7	6 dni
„ „ „	— 20·9	6 „
„ 1 pentada (sierp. i wrzesień obserw.)	— 20·7	5 „
„ 2 „ „	— 19·9	5 „
„ 3 „ „	— 21·3	5 „
„ 4 „ „	— 21·1	5 „
„ 5 „ „	— 21·3	5 „
„ 6 „ „	— 20·4	5 „
„ 7 „ „	— 20·8	5 „
„ 8 „ „	— 21·1	5 „
„ 9 „ „	— 21·6	5 „
„ trzydniówka „	— 21·2	3 „
1893 obserwacya czerwcowa	— 21·1	1 „
„ pentada lipcowa	— 21·1	5 „
„ „ z końca lipca i pocz. sierpnia . . .	— 20·4	5 „

Średnia z tych liczb w r. 1892. jakoteż 1893. wynosi — 20·8°C z niepewnością ± 0·36°; nieco większą liczbę — 21·3 (absolutnie biorąc) dają skąpe, dorywcze i wątpliwie zredukowane starsze obserwacye. Jeżeli zważymy, że do obliczeń stałych α, α', α'', τ_0 ani jedna ze starszych obserwacyj nie została użytą, to zgodność osiągniętą można nazwać zadawalającą. Usiłowanie wytłómaczenia uderzająco wielkich niezgodności w r. 1886. a zwłaszcza 1877. za nizką, względnie za wysoką ciepłotą wiosenną i pochodzącem stąd spóźnionem, względnie przyspieszonem, odmarznięciem Rybiego (maj, kwiecień), nie powiodło się na podstawie dotychczasowego materyału obserwacyjnego. Ażeby rzecz rozstrzygnąć, potrzebaby rozporządzać chociaż dziesięcioletnim szeregiem obserwacyjnym takim, jaki w roku 1892. zebrać zdołałem.

Jako wynik naszego poszukiwania nad pochodem rocznej zmienności ciepłoty wody Jeziora Rybiego, mamy więc wzór

$$(I) \qquad \tau_1 = 0{\cdot}38\ T + 0{\cdot}36\ T' + 1{\cdot}11\ T''' - 20{\cdot}8^\circ\,\mathrm{C.},$$

który pomimo drobnych jeszcze niedostatków, może już dziś dobrze służyć do wytworzenia sobie obrazu zmian kalorycznych, jakie w cie-

Digitized by Google

płej połowie roku odbywają się na jego powierzchni. Jest on wygodnym środkiem nie tylko do oznaczenia średnich ciepłot miesięcznych wód jeziora, ale także, aby z rocznego pochodu ciepłoty powietrza w Krakowie znaleźć równoczesną ciepłotę wody Rybiego z dostateczną dokładnością.

Do podobnego celu daje się nasz wzór jeszcze nieco uprościć. Zważając, że trzecia część trzeciego współczynnika 1·11 jest bardzo blizką wartości 0·36 drugiego współczynnika, możemy napisać

$$\tau_1 = 0{\cdot}38\ T + 0{\cdot}37\ (T' + 3\ T''),$$

a że na mocy definicyi liczb T', T'' mamy

$$15\ T' + 45\ T'' = 60\ D,$$

gdzie D jest średnią ciepłotą powietrza w Krakowie, z całych dwóch miesięcy poprzedzających obserwacyę, więc nasamprzód

$$T' + 3\ T'' = 4\ D,$$

a następnie

$$\tau_1 = 0{\cdot}38\ T + 1{\cdot}48\ D - 20{\cdot}8^{\circ}\,\mathrm{C}, \qquad \text{(II)}$$

który to wzór nie będzie ustępował poprzedniemu pod względem stopnia przybliżenia.

Wszystko to odnosi się oczywiście tylko do lata i początku jesieni, jest jednak prawdopodobne, że extrapolacyjne zastosowanie tych wzorów w prawo i w lewo do ostatnich tygodni wiosny i nie późnej jesieni będzie jeszcze dozwolonem, a to przynajmniej tak długo, dopóki obliczona ciepłota nie będzie niższą od $+ 4^{\circ}\,\mathrm{C}$, przy którejto ciepłocie pionowe prądy konwekcyjne zmieniają zupełnie termiczną budowę jeziora, jak to poniżej zobaczymy. Co do owej niedalekiej extrapolacyi, to niektóre dorywcze spostrzeżenia dostarczają bardzo pożądanego w tej mierze upewnienia: należy mi je zatem przytoczyć. Wiedząc, że gospodarz schroniska im. Staszica przy Rybiem (Jan Bury), a pewien czas obserwator na stacyi meteorologicznej w Białce ma zamiar w drugiej połowie października 1892 przybyć na kilka dni do Rybiego, uprosiłem go o wykonanie tam kilku pomiarów temperatury wody jeziora i równoczesnych temperatur powietrza. Prośbie mojej nie odpowiedziano wprawdzie w tym stopniu, jakbym tego pragnął, zawsze jednak kilkanaście odczytanych ciepłot powietrza i jedna ogólnikowo podana ciepłota wody („trzy i może pół stopnia“ w piątek 21. października 1892) nie są bez wartości. Piętnaście odczytań temperatury powietrza z tego czasu, jakie mi przysłano, porównane z ciepłotami krakowskiemi, świadczą o ich wiarygodności,

Digitized by Google

pośrednio więc i owych przybliżonych 3' stopni. Według spostrzeżeń krakowskich dnia 21. X, r. 1892. ciepłoty T, T', T''' wynosiły 3·3° 9·7°, 17·1°, zatem obliczona ciepłota wody

$$= 0{\cdot}38.\ 3{\cdot}3 + 0{\cdot}36.\ 9{\cdot}7 + 1{\cdot}11\ \ 17{\cdot}1 - 20{\cdot}8 = +\ 2{\cdot}9^{0},$$

co dostatecznie się zgadza ze wspomnianą relacyą.

W dniu 5. listopada 1892. mamy z obserwacyi krakowskich na T, T', T''' wartości 8·3°, 5·7°, 14·0°, zatem extrapolacyjnie obliczona ciepłota wody byłaby

$$= 0{\cdot}38.\ 8{\cdot}3 + 0{\cdot}36.\ 5{\cdot}7 + 1{\cdot}11.\ 14{\cdot}0 - 20{\cdot}8 = 0{\cdot}0^{0},$$

co jest zgodne ze świadectwem wiarygodnego Bartłomieja Obrokty [1]), który dnia 14. listopada t. r. znalazł Rybie przy brzegach zamarznięte, a zresztą jeszcze wolne od lodu.

W dniach 25. maja i 1. czerwca 1892. mamy następujące wartości średnich T, T', T'''

$$15{\cdot}8,\quad 12{\cdot}4,\quad 8{\cdot}5,$$

a względnie

$$20{\cdot}0,\quad 15{\cdot}8,\quad 9{\cdot}3,$$

więc obliczone ciepłoty wody w tych dniach

$$0{\cdot}38.\ 15{\cdot}8 + 0{\cdot}36.\ 12{\cdot}4 + 1{\cdot}11.\ 8{\cdot}5 - 20{\cdot}8 = (-\ 0{\cdot}9)$$
$$0{\cdot}38.\ 20{\cdot}0 + 0{\cdot}36.\ 15{\cdot}8 + 1{\cdot}11.\ 9{\cdot}3 - 20{\cdot}8 = +\ 2{\cdot}8,$$

co wskazywałoby, że proces topnienia zrzuconych lodów dokończył się w ostatnim tygodniu maja 1892, zgodnie z tem. co obserwowali: Aleksandrowicz. Borowski, Kabicz i Magiera. Podobną zgodność znajduje się także co do pory odmarznięcia jeziora wiosną r. 1893., zjawiska obserwowanego niezawiśle przez dwóch rozmaitych ludzi, o czem bliższe szczegóły podam w ustępie poświęconym zimowej fizyognomii Rybiego.

Nie mogę tutaj pominąć jeszcze jednej uwagi. Jeżeli ilość τ_1 uczyniliśmy zawisłą od krakowskich stosunków ciepłoty, to stało się tylko z konieczności wywołanej brakiem stacyi meteorologicznej w Dolinie Rybiego. Skąpy materyał meteorologiczny z tej miejscowości starczył zaledwo do przybliżonego ustalenia różnicy aerotermicznej między obydwiema miejscowościami. Gdyby istniała przy schronisku Staszica stała taka stacya, czego jak najgoręcej życzyćby należało, to byłoby niezawodnie rzeczą odpowiedniejszą ilość τ_1 uczynić zawisłą

[1]) Przewodnik tatrzański, niegdyś stały towarzysz ś. p. prof. M. Nowickiego w jego wycieczkach naukowych.

Digitized by Google

od miejscowych stosunków temperatury. Byłem jednak i jestem zdania, iż — jak dotąd ma się sprawa — szczupły zasób dat aerotermicznych miejscowych, mających więc bezpośredni związek z termiką jeziora, nie może iść w porównanie z kolosalnym zasobem takich dat stacyi krakowskiej lubo od jeziora na 10 myriametrów odległej.

Gdybyśmy wszelako radzi byli a posteriori zobaczyć, jaki też związek zachodzi pomiędzy ciepłotą na powierzchni Rybiego, a miejscową ciepłotą powietrza, to wytworzymy sobie dostatecznie wyraźny pod tym względem obraz, pisząc $t + 6{\cdot}1^0$ i $d + 6{\cdot}1^0$ zamiast ilości T, D, przyczem głoski t, d będą posiadały to samo znaczenie dla miejscowych stosunków ciepłoty powietrza, co poprzednio T, D dla krakowskich. Średnia termiczna różnica obu miejscowości wynosi bowiem blizko $6{\cdot}1^0$ C, przynajmniej dla letnich miesięcy. Zasadniczy nasz wzór byłby wówczas

$$\tau_1 = 0{\cdot}38\, t + 1{\cdot}48\, d - 9{\cdot}5^0,$$

ale od tego wyrażenia nie będziemy wymagali zanadto wiele.

Wzór (I) nietylko że umożliwia podanie średnich t. zw. normalnych ciepłot miesięcznych na powierzchni Rybiego z dostatecznem przybliżeniem, ale nadto dostarcza nam pożytecznego środka do porównawczego badania hydrotermiki innych jezior tatrzańskich, jak to poniżej zobaczymy. Co do pierwszego z tych punktów, to widoczne, że podstawiając w naszym wzorze za T i D średnie t. zw. normalne krakowskie dla środkowych dni: czerwca, lipca, sierpnia, września i października, otrzymamy nasamprzód pięć średnich dziennych ciepłot wody, odpowiadających środkowi każdego z uważanych miesięcy: z tych tylko dwie skrajne, polegające na blizkiej extrapolacyi, będą mniej pewne od trzech pozostałych. Liczby te będą już bardzo blizkie szukanych średnich miesięcznych. Korzystając z pracy prof. Karlińskiego: „Über die periodischen Aenderungen der Lufttemperatur in Krakau“ (Tab. XIV, kolumna temperatur 3.), otrzymuję najpierw pierwsze dwie kolumny:

15. czerwca	$T_n = 17{\cdot}72^0$	$D_n = 13{\cdot}48^0$	$T = 17{\cdot}31$	$D = 13{\cdot}08$
15. lipca	18·92	17·19	18·51	16·77
15. sierpnia	18·56	18·67	18·13	18·25
15. września . . .	13·59	17·64	13·28	17·24
15. października .	9·04	14·09	8·97	13·81,

gdzie znaczki n przy T i D oznaczają, że do wytworzenia tych liczb użyto średnich 24 godzinnych wyrównanych wzorem Bloxam'a na t. z. normalne średnie.

Digitized by Google

Liczby te nie są jeszcze naszemi liczbami T, D. Jakoż w całym poprzednim rachunku nie mogliśmy wręcz używać średnich dziennych wyrównanych wzorem Bloxam'a, a to dla tego, że właśnie zależało nam na porównaniu obserwowanych ciepłot wody Rybiego z istotnemi ciepłotami równocześnie notowanemi w Krakowie, nie zaś z idealnemi, które przydałyby na dzień pewnej daty, gdyby obserwacye krakowskie istniały z przeciągu stulecia lub więcej [1]). Dla dogodności używałem przy poprzednich obliczeniach średnich krakowskich „niepoprawionych", t. j. według wzoru $\frac{1}{3}(6^h + 2^h + 10^h)$ wprost z obserwacyi otrzymanych, gdyż drobne poprawy tych liczb na prawdziwe średnie dzienne, t. j. 24 godzinne (Karliński l. c. Tab. VIII) dają się bezpiecznie zastosować dopiero do średnich z dłuższego szeregu lat, nie zaś do pojedynczej obserwacyi. Stąd wynika, iż otrzymamy potrzebne nam ilości T, D, jeżeli od liczb T_n, D_n odejmiemy poprawki ich, przynależne każdemu z uważanych miesięcy. Zważając, że D odnosi się do pierwszej połowy bieżącego miesiąca, całego poprzedzającego i do drugiej połowy przedpoprzedzającego miesiąca, otrzymamy (według wspomnianej Tablicy VIII) następujące poprawki:

	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik
dla T	+ 0·41	+ 0·41	+ 0·43	+ 0·31	+ 0·07
dla D	+ 0·40	+ 0·42	+ 0·42	+ 0·40	+ 0·28,

co odejmując od liczb T_n, D_n znajduję T, D umieszczone już powyżej w kolumnie 3-ej i 4-ej. Drobny ten zabieg nie jest zbyteczny, jeżeli zważymy, że w spółczynnik ilości D wynosi blizko $1\frac{1}{2}$, że więc pominięcie tych poprawek mogłoby wywołać błąd szukanych średnich normalnych do $0{\cdot}4 \cdot 1{\cdot}5 = 0{\cdot}6^0$ dochodzący.

Normalne średnie dzienne ciepłoty wody będą zatem

w środku:	Czerwca	Lipca	Sierpnia	Września	Października
	+ 5·1°	+ 11·1°	+ 13·1°	+ 9·8°	+ 3·1°,

które to wartości dają się przedstawić wzorem Bessel'a o dwóch wyrazach peryodycznych:

$$(\text{III}) \quad \tau = -0{\cdot}04^0 + 10{\cdot}75 \sin(30x + 215^0\,6') + 2{\cdot}44 \sin(60x + 334^0\,40').$$

gdzie x w środku czerwca $= 6$, w środku lipca $= 7$ itd.

---

[1]) Ten bowiem cel osiąga się zapomocą wzoru Bloxama'a, Galle'go i podobnych innych. Zarzuty, jakie w swoim czasie podniósł prof. Kuczyński przeciw użyciu wzoru (dłuższego) Bloxam'a do wyrównania rocznego biegu temperatury w Krakowie, nie są uzasadnione Przy tak ogromnej zmienności klimatu jaką Kraków posiada,

Digitized by Google

Stąd znajdujemy wiadomymi sposobami:

a) normalne maximum średniej ciepłoty wody 10. sierpnia + 13·2°;

b) dwa normalne maxima chyżości zmian termicznych wody wiosenne (około 10. czerwca) wobec ciepłoty wody blizkiej + 4·1°, jakoteż jesienne (około 10. października) wobec temperatury (obrachowanej) + 3·7°. Zauważmy, że obie ciepłoty + 4·1° i + 3·7° są bardzo zbliżone do ciepłoty, w której woda osiąga maximum swojej gęstości.

Drugi z tych rezultatów był dla mnie niespodziewanym. Opracowując bowiem kwestyę rocznego pochodu ciepłoty wody na powierzchni Rybiego i wiążąc ją z równoczesnym biegiem ciepłoty powietrza, nie taiłem przed sobą, że skromny zasób obserwacyi, jakim rozporządzałem umożebni poznać ów pochód dokładniej tylko na przestrzeni od schyłku czerwca po koniec września, z której to pory jedynie posiadamy dotąd spostrzeżenia liczniejsze.

Pomimo największej skrupulatności jaką należało mi zachować w rachunkach i redukcyach, ażeby ocalić ile możności dokładność ostatecznych wyników, nie oczekiwałem bynajmniej, aby wartości znalezione extrapolacyą (wprawdzie niedaleką) były z wartościami intrapolacyjnemi zarówno bezpieczne. Rezultat *b)* przekonywa mię jednak, że wzory nasze nawet dla półmiesięcznej extrapolacyi tak w prawo jak i w lewo dają wyniki całkiem jeszcze zadawalające, skoro w obu tych miejscach zdają sprawę ze zjawisk hydrotermicznych występujących niewątpliwie nie tylko w Rybiem, ale wogóle w każdem jeziorze strefy umiarkowanej. Należy mi uzasadnić bliżej ten wniosek.

Nieoczekiwane znaczne zbliżenie się wzajemne obu ciepłot + 4·1° i + 3·7°, oraz blizkość ich wartości + 4·0°, przy której woda (ulegająca ciśnieniu blizkiemu jednej atmosfery) osiąga maximum swojej gęstości, nie wydaje się przypadkowem; obie zresztą liczby, tak do siebie zbliżone, wypadły dla różnych pór roku z jedynego warunku: maximum chyżości termicznej. Zobaczmy poniżej, że termiczne uwarstwienie jeziora zimą jest wręcz przeciwne uwarstwieniu letniemu i że zimą ciekła woda bezpośrednio pod skorupą lodową się znajdująca posiada ciepłotę zaledwie kilka dziesiętnych stopnia wyższą od zera. Latem znajdujemy najwyższą ciepłotę na powierzchni, najniższą w głębokich warstwach jeziora; w zimie przeciwnie. Przejście od letniego ustroju termicznego do zimowego i naodwrót, dokonywa

gdzie zdarza się, że średnia wrześniowa bywa o 2° wyższą od średniej lipcowej, zaś średnia marcowa o 6° niższą od styczniowej, daje się otrzymać rzeczony bieg ciepłoty w całej czystości dopiero po uchyleniu wszelkich jej skoków i załomów występujących na małych przestrzeniach.

Digitized by Google

się za sprawą czynników, o których dotąd jeszcze nie mówiliśmy, w pierwszym rzędzie pod działaniem siły ciężkości, która sprawia, że oziębione jesienią do + 4° C górne warstwy wody opadają jako najcięższe ku dołowi i to tak długo, dopóki największa część wód całego jeziora nie przybierze ciepłoty blizkiej 4° C (ustrój termiczny przejściowy). Odtąd dopiero górne warstwy wody mogą się oziębiać poniżej 4° C, aby przy 0° módz rozpocząć proces krzepnięcia zakończony zamarznięciem jeziora na całej powierzchni Odwrotny proces odbywa się wiosną, przyczem pojedyncze jego fazy doznają odwrócenia tak, iż szereg zmian termicznych odbywających się w przeciągu całego roku na jeziorze będzie:

1) Letnia budowa termiczna jeziora (górne warstwy najcieplejsze) rozpoczynająca się wiosną przy ciepłocie 4° na powierzchni, a kończąca się jesienią przy tej samej ciepłocie.

2) Ustrój przejściowy jeziora, w którym cała masa wód posiada ciepłotę blizką 4° C, skutkiem czego równowaga warstw isotermicznych jest wówczas prawie obojętna. Łatwo przewidzieć, iż okres tego ustroju i podobnego mu wiosennego jest bardzo krótkim.

3) Powrót do równowagi statecznej wywołany dalszem oziębianiem się powierzchni wody poniżej 4°, a zakończony pokryciem jeziora skorupą lodową.

4) Zimowy ustrój termiczny jeziora; ciekła woda tuż pod lodem najzimniejsza.

5) Zrzucenie lodów z powierzchni jeziora; kry lodowe topnieją na wodzie, nie odpływając wcale, skutkiem czego zimowe uwarstwienie jeziora przeciąga się jeszcze jakiś czas, pomimo ciekłości jego powierzchni.

6) Wywołane insolacyą prądy konwekcyjne wytwarzają przejściowy ustrój termiczny, podnosząc ciepłotę największej części całej masy wody do 4°, a jezioro powraca do letniego uwarstwienia termicznego.

Przywiedzione wyżej pod *(b)* dwie fazy maximum chyżości termicznej w pierwszej połowie czerwca i pierwszej połowie października, odpowiadają zatem prawie dokładnie: wiosennemu końcowi procesu odwracania zimowego uwarstwienia na letni, jakoteż jesiennemu początkowi takiego przewrotu termicznego, dającego na koniec zimowe uwarstwienie. Dwa różne stany stałej równowagi termicznej i mechanicznej: letni z opieszałym ruchem ciepłoty na powierzchni jeziora i zimowa jej nieruchomość, muszą być rozgraniczone dwoma innymi stanami równowagi niestałej, które właśnie dla tego, że są zaburzeniem w całej masie jeziora, tylko krótki czas trwać mogą. Bezpośredniem następstwem tego jest wzrost chyżości termicznej na

Digitized by Google

powierzchni jeziora już w fazach sąsiadujących z rzeczonym przewrotem dokonywającym się w pobliżu 4° — zgodnie z wynikiem naszych wzorów, które też tylko dla ciepłot wyższych od 4° posiadają wartość i znaczenie.

Rozważanie przebiegu zmian termicznych na powierzchni jeziora doprowadziło nas zatem do kwestyi zmian dokonywających się wśród całej jego masy. Przytoczone dopiero objawy „mechaniki termicznej", znane zresztą ze zachowywania się wszelkich innych jezior strefy umiarkowanej, dostarczają oczywiście tylko ogólnego poglądu na całą sprawę. Na szczegóły zjawisk tutaj roztrząsanych składają się bowiem jeszcze inne czynniki, bądź statecznie i prawidłowo występujące, jak zmienność ciepłoty samych dopływów jeziora i wywołane przez to poziome prądy w masie wody, wpływ ciśnienia hydrostatycznego na głębsze warstwy wody, zużycie ciepła górnych warstw wody na wiosenne stopienie całej skorupy lodowej, bądź też przypadkowe, jak wiatry i opady atmosferyczne. W dalszym ciągu pracy niniejszej będę się starał choć w części zdać sprawę z tych powikłanych objawów przyrody.

Na zakończenie dotychczasowego badania zmian termicznych na powierzchni jeziora w porze letniej, podam tutaj jeszcze t. z. normalne średnie miesięczne jego ciepłoty. Przytoczone liczby $+ 5{\cdot}1^0$ $+ 11{\cdot}1^0$ itd. nie są bowiem jeszcze, ściśle biorąc, średniemi miesięcznemi, tylko normalnemi średniemi dziennemi dnia, odpowiadającego środkowi uważanego miesiąca. Byłyby one średniemi miesięcznemi, gdyby zmienność średnich dziennych np. czerwca, dawała się przedstawić linią prostą. W rzeczywistości jest ona krzywą, a dla tego należałoby według wzoru (III) obliczyć nasamprzód szereg temperatur dziennych z całego miesiąca, a dopiero z nich utworzyć średnią. Prościej osiągnie się ten sam cel, integrując wzór (III) według zmiennej x między granicami odpowiadającemi początkowi i końcowi każdego miesiąca, a to doprowadza z łatwością do wyrażenia szukanych średnich:

$$\sigma_n = -0{\cdot}04 + 10{\cdot}63 \sin(30_n + 215^0\,6') + 2{\cdot}33 \sin(60_n + 334^0\,40'),$$

gdzie n w czerwcu $= 6$, w lipcu $= 7$ itd. Rzeczywiste obliczenie daje

	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Paźdz.
norm. śred. mies. wody	$5{\cdot}1^0$	10·9	12·9	9·7	3·1
„ „ „ pow.	11·6	12·8	12·1	8·2	3·3,

skąd widać, że różnica tych liczb i poprzednich τ wynosi miejscami $0{\cdot}2^0$. Przytaczam te liczby razem z jednoczesnemi średniemi miesięcznemi powietrza w Dolinie Rybiego, idąc za utartym w meteoro-

Digitized by Google

logii zwyczajem podawania wszelakich średnich miesięcznych, chociaż tutaj nie posiadają one żadnej większej doniosłości. Nieporównanie większą wartość mają wzory (I), (II) lub (III) jako wiążące stosunki hydrotermiczne na powierzchni jeziora z równoczesnymi stosunkami ciepłoty powietrza. Na uwagę zasługuje tylko szczegół, że maxima średnich 30-to dniowych powietrza i wody wypadają prawie jednakie (12·8° i 12·9°), lubo pora drugiego z nich jest prawie o 4 tygodnie późniejszą od pory pierwszego.

To opóźnienie należy jednak pilnie odróżniać od znacznie mniejszego opaźniania się faz średnich dziennych ciepłot wody, względem takich samych średnich powietrza. Posługując się zestawieniem według pięciodniówek (tabl. na str. 249) znajdujemy interpolacyą, że wybitne maximum (14·02°) ciepłoty wody w pięciodniówce 18. VIII — 22. VIII 1892. r, zarówno jak i dostatecznie wyraźne minimum (11·32°) w pięciodniówce 7. IX — 11. IX tego samego roku nastąpiły dopiero w 1—2 dni po odpowiedniem maximum, względnie minimum ciepłoty dziennej powietrza.

ROZDZIAŁ IV.

Zimowa fizyognomia Rybiego i innych jezior tatrzańskich.

Pozostaje nam jeszcze przytoczyć niektóre szczegóły, odnoszące się do zimowego stanu Rybiego i jego otoczenia. Aby się nie powtarzać, włączam zarazem tutaj także i inne jeziora tatrzańskie. Szczegóły te są wogóle skąpe i pod niejednym względem pozostawiają wiele do życzenia; nawet zasadnicze w tej mierze pojawy, jakimi są pora zamarzania i odmarzania tych jezior w różnych latach, oraz grubość wytworzonej na nich skorupy lodowej, są dotąd niedokładnie znane, często zaś, nawet wręcz fałszywie rozgłaszane. Wystarczy wymienić utrzymujące się do niedawna błędne twierdzenie, że Rybie (jakoteż inne głębokie jeziora tatrzańskie) zamarzają zimą do dna, albo że „stawy tracą po zamarznięciu zupełnie wodę, wskutek czego lód się zapada [1])“, co tylko w jednej części jest prawdziwe. Jest niezawodnie

[1]) Tak opowiadano prof. A. Wierzejskiemu, który wspomina o tem w swej pracy, p. t. Zarys fauny stawów tatrzańskich w XVI tomie Sprawozdań Akademickiej Komisyi fizyograficznej, obszerniej w Pamiętniku Towarz. Tatrz. tom VIII, pag. 99).

Digitized by Google

wiele prawdy w tem, co się mówi i pisze o wielkiej niedostępności wnętrza Tatr w porze zimowej, spowodowanej przedewszystkiem nagłością spadków nawet na zwykłych szlakach turystycznych, zaspami śnieżnemi i gołoledzią, ale na punkcie jezior średniej wysokości n. p. Rybiego, wyobrażenia pod tym względem są nazbyt przesadzone. Że tak jest, świadczy o tem pokaźna mnogość wycieczek odbytych do tego jeziora zimową porą, świadczą własne me spostrzeżenia, zebrane naocznie podczas jednej takiej wycieczki, jaką odbyłem tam w celu naukowym jasno wytkniętym. Z powodu, że rzecz taka sprawia zawsze jeszcze wrażenie niezwykłości nawet pomiędzy znawcami topografii tatrzańskiej, pozwolę sobie tutaj zestawić wszystkie znane mi wycieczki zimowe do Rybiego, a to tem bardziej, że do większości z nich przywiązane są pożądane nam spostrzeżenia, czasem nawet pomiary. Korzystając ze sposobności, wymieniam pospołu także niektóre wycieczki odbyte tam wczesną wiosną albo też w późniejszej jesieni.

Wspomnę nasamprzód o nieznanych mi dokładniej starszych (przed 1868) wycieczkach (zapewne kłusowników), na podstawie których prof. Nowicki mógł stwierdzić, że jezioro Rybie nie zamarza bynajmniej do dna (!), skoro woda zwykłym upustem z niego odpływa. Wzmianki o sączeniu się wody z pod lodu zawierają także starsze wydania „Przewodników“ tatrzańskich Eljasza i Kolbenheyer'a.

1. R. 1885. d. 28. lutego; dwaj niewiadomego nazwiska mężczyźni z Warszawy.

2. R. 1887. d. 20. grudnia (p. Z. G. z Ukrainy). Średnia dzienna krakowska — 0·9°; średnia poprzedz. pentady + 2·3°, ciśnienie powietrza 728 mm. (ogólna zniżka barom.); wiatr. NW; pochmurno; śnieżne opady skąpe.

3. R. 1891. dnia 28. lutego (X. W. Roszek, proboszcz z Poronina, pp. Bogdan Próchniewicz, F. Tabeau, Edward Pauli i Dr. Kostecki). Zmierzono grubość lodu 0·8 m. jedynie przy niezamarzniętym odpływie, gdyż lodu jeziora nie zdałano rozsadzić nawet dynamitem. Woda (wypływająca?) miała posiadać ciepłotę + 2° (może 0·2?; R? C?), powietrze równocześnie — 3°; reszta szczegółów w P. T. T. XIII. p. 27).

[Liczby krakowskie: — 7·0°; — 1·9°, 755 mm. (drugorzędna zwyżka barom.); wiatr E; pogodnie; świeże opady bardzo skąpe, tak w Krakowie jak i w górach].

4. Roku 1891. w marcu moja wycieczka do jeziora Rybiego. Skoro zasięgnięte (d. 23. marca) w Nowym Targu informacye co do

---

Praca ta zawiera wiele trafnych uwag i spostrzeżeń, dotyczących także i samej hydrotermiki jezior tatrzańskich.

Digitized by Google

stanu drogi z Poronina na Głodówkę brzmiały niepomyślnie, postanowiłem po przenocowaniu wyruszyć nazajutrz przez Jurgów. Zabrałem ze sobą przewodnika tatrzańskiego Józefa Roja ze Zakopanego, który mi się tego dnia był nawinął w Nowym Targu. Po przenocowaniu w Podspadach ruszyłem nazajutrz o 7mej rano ku Jaworzynie; w nocy wypogodziło się prawie zupełnie, w Podspadach przed wyjazdem ($6\frac{1}{2}$ a. m.) termometr wskazywał — 11·8° C przy równoczesnem ciśnieniu powietrza 678·3 mm. (wysokość nad p. m.). Na Łysą Polanę przybyłem o 8 rano [1]). Tutaj zaprosiłem do udziału w wycieczce 18-letniego syna leśnego Dziadonia przewidując, że końmi nie zdołam dobić do samego Rybiego. Część drogi z Łysej do Roztoki przebyliśmy bardzo szybko (od $8\frac{1}{4}$ a.m. do $9\frac{1}{2}$ a. m.). W Roztoce przekonywam się m. i. o niemożebności podejścia nawet ku pierwszym wodospadom (Mickiewicza, dawniej Wodogrzmoty) z powodu kolosalnych tutaj zasp śnieżnych. Odczytania termometru i barometru były:

9^h	35^m	a. m.	temp. powietrza	— 8·6°;	ciśnienie pow.	669·4	mm.
9	45	„	„	— 7·1	„	669·3	„
10	0	„	„	— 6·8	„	669·4	„

Próba podsunięcia się na włókach pod górę ku Rybiemu spełzła na niczem. Pozostawiwszy woźnicę z końmi, ruszyliśmy dalej pieszo; do znanego źródła „pod Opalonym“ przybyliśmy o 12^h 5^m p. m. Znaleźliśmy je zupełnie niezamarzniętem, ciepłota wody + 4° C, równoczesna ciepłota powietrza — 5° C; całe niższe otoczenie źródła (kilkunastu m^2) było bez śniegu. Przewodnik nazwał je po swojemu „ciepliczą“. Na morenie Rybiego stanąłem o 12^h 35^m p. m.

Ogólną fizyognomię zimową Rybiego i jego kotliny znalazłem w ogóle taką samą, jak ją widział rok później (w marcu 1892) i opisał p. L. Świerz (zob. niżej pod l. 10). Podając niżej króciutki wyciąg tego ostatniego opisu, mogę oszczędzić sobie tutaj przytaczania szczegółów jednakowych, choć niejednocześnie i niezależnie dostrzeżonych, tembardziej, że opis zimowej wycieczki p. Ś., lubo późniejszej od mojej, został już ogłoszonym dość dawno. Dodam tylko, że ogromne zaspy śniegowe w około brzegów jeziora, o których i p. Świerz wspomina, były w r. 1891. (a pewnie tak samo w 1892) lawinami, jak o tem przekonałem się naocznie, podchodząc po lodzie blisko aż pod sam brzeg u stóp Miedzianych. Napiętrzone na kilka metrów wysokości kupy śnieżne nie sprawiały wprawdzie na mnie wrażenia, ja-

[1]) Łysa, 25. marca 1891, $8\frac{1}{2}$ a. m. termometr w cieniu — 10·5°C, ciśnienie powietrza 673·1 mm.

Digitized by Google

koby powstały przez staczanie się wałów śnieżnych ze zboczów górskich, ale znaczna ilość mniejszych i większych kamieni powrastałych w śnieg na przodzie ławicy wskazywały raczej na proste jej osunięcie się po stromej pochyłości. Znacznie skąpszy niż latem odpływ z pod pokrywy śniegu posiadał ciepłotę + 0·3° C, jedna część jego łożyska (sam początek Potoku Rybiego) w przedarciu moreny przedniej, była nawet całkiem wolną od lodu, wśród niego leżało kilka głazów, na których nawet śniegu nie było. Wspominam o tem, bo służyły mi one za markę ówczesnej wysokości poziomu jeziora w braku lepszej (zob. niżej). Szczyty okoliczne były całkiem nagie, czarne; pokrywa śnieżna gór poczynała się znacznie niżej, dopiero może w $\frac{1}{3}$ części (od szczytu licząc) całego widzialnego masywu górskiego. Znacznie jeszcze niższe, wielkie, a bardzo strome ściany Mięguszowieckiej Turni nie miały zgoła śniegu, odbijając się swą czarnością od reszty jaskrawo białego otoczenia. Dzień był piękny, słoneczny; jaskrawość śniegu na Rysach i Żabiem ślepiła mię chwilowo. Wszystkie szczyty przedstawiały się nader wyraziście, jak rzadko kiedy widziałem je tak w lecie; w niewielkiej jednak nad nimi wysokości unosiła się jakby kurzawa, której dotąd nie umiem sobie wytłómaczyć. Mój przewodnik utrzymywał, że są to wprost mgły (! ciepłota powietrza przy Rybiem 1000 przeszło metrów niżej = — 5·6° C. o 3$\frac{1}{2}$ p. m.) „bo tam górą cieplej niż tu dołu“ odpowiedział na podniesioną przeze mnie wątpliwość. Zauważę, że po ogromnych śnieżnych polach Żabiego i Rysów przesuwały się jakby czerwone cienie, wyraźnie odbijające swą barwą od pozostałych partyj lśniąco białych. Głębokie, latem przepaściste, żleby wszystkich trzech okolicznych Turni (zwłaszcza Mięguszowieckiej) wyrównane śniegiem i jakby wygładzone; cały kąt pod Mnichem zapchany jedną górą śniegu. W kolinie cisza prawie zupełna; górą dmie słaby wiatr, o ile wnosić mogę z ruchliwości wspomnianej „kurzawy“ ponad szczytami.

Na jeziorze ani śladu tratwy. Siekierami wyrąbano (w circa $\frac{1}{3}$ od przodu) przeręblę w lodzie (i śniegu kilkucentymetrowej tutaj grubości, który na lodzie spoczywał), pod którym nie głębiej jak 0·3 m. pokazała się woda (ciepłota + 0·1° C). Wielkiem było moje zdziwienie, gdy pod tą powłoką lodową zaraz płytko (około 15—20 cm.) znalazłem przeszkodę, którą rozpoznaliśmy jako właściwą skorupę lodową jeziora. Na tę niespodziankę przyrody nie byłem przygotowanym. Przerębla dotąd wykonana (górnej skorupki lodowej) była mniej więcej kwadratem o boku niespełna $\frac{1}{2}$ metrowym; niepodobieństwem było zapuszczać popod nią ostrza siekiery, ażeby tędy dobrać się do dolnej warstwy lodu, co do której należało przypuszczać, że

Digitized by Google

będzie znacznie grubszą od górnej. Była chwila, kiedy zdawało się, że cały trud wyłożony na właściwy cel wycieczki: zimowe sondowanie jeziora termometrem, poszedł na marne..... (Tak się zdarzyło p. L. Świerzowi w roku następnym; zob. niżej). Jedynie trafowi i pomysłowości mego Zakopianina zawdzięczam, że nie opuściłem wówczas Rybiego z próżnemi rękami. Wiedząc, że ciesielskie roboty około nieukończonego wtedy jeszcze nowego schroniska przeciągnęły się do późnej jesieni roku ubiegłego, a przerwane zimą, miały być dokończone z wiosną nadchodzącą, przetrząsnął on znane sobie schowki ciesielskie i znalazł wreszcie narzędzie nieocenionej dla mnie wartości: dłuto wielkich rozmiarów. Zdjęte wraz z obrączką ze swojej krótkiej nasady, utwierdzone następnie na drągu trzymetrowym i tam ponownie obrączką utrwalone, okazało się wybornym taranem do przebijania niższej skorupy lodu. Czynność ta wykonana a tempo czworgiem rąk (Roj i Dziadoń jun.) trwała — z krótkiemi pauzami — przez $1\frac{1}{4}$ godziny. O godzinie 3 p. m. lód został całkiem przebity, a do utworzonej czeluści termometr *maximum* niezwłocznie zapuszczonym.

Liczby ze sondowania pochodzące podaję na właściwem miejscu, tu wspomnę tylko, że ciepłoty wody wzrastały razem z głębokością, jak było to do przewidzenia. Oczywiście, że podczas zimowych sondowań służyć może tylko termometr maximum. Sondowanie trwało przeszło godzinę; największa głębokość, do której dał się zapuścić tutaj termometr wynosiła bardzo blizko 36 metrów (od górnej powierzchni lodu licząc). Grubość niższej warstwy lodowej wynosiła niespełna 1 metr.

5. R. 1891. d. 18. października (Fr. L. Koch, S. Tournelle i M. Massatsch). Pomimo późnej daty, wycieczka odbyta przy warunkach meteorologicznych prawie letnich, dzięki nadto ciepłemu wrześniowi i październikowi.

6. R. 1891. w dniach 17. i 23. listopada, dalej 2, 15 i 24. grudnia (wachmistrz żandarmeryi Świergul tutaj patrol odbywający; noc z 24 na 25. grudnia przepędził w opustoszałem schronisku im. Staszica przy Rybiem). Listopad i grudzień 1891 były za ciepłe, opady mniej niż normalne.

7. R. 1892. w dniach 13. stycznia, 11. marca, 11. kwietnia, 2. i 9. maja (wachmistrz Świergul). Przyrzeczonych mi bliższych szczegółów o tych dziesięciu wycieczkach odbytych przez jednę i tę samą osobę nie otrzymałem dotąd.

8. R. 1892. d. 5. lutego (X. Józef Bednarz, Reinisz z N. Targu, J. Beja i Jan Bury z Białki). Wiadomość krótką o niej podaje kronika Kuryera Polskiego z dnia 19. lutego 1892, Nr. 50, mieszając

Digitized by Google

prawdę z nieprawdą; rzekoma temperatura powietrza w tym dniu nie mogła bezwarunkowo wynosić — 30°, jak to dziennik utrzymuje, skoro średnia dzienna krakowska wynosiła w tym dniu + 0·9°.

9. Dnia 26 lutego 1892 towarzystwo kilku osób (Michalina Zawadzka, Marya Kirchmajerówna, Wł. Magdziak itd. z Walkiem Brzegą przewodnikiem) odwiedza nasze jezioro (nocując w Roztoce), zaś w cztery dni później

10 Dnia 1. marca 1892 prof. Leopold Świerz z Krakowa. Opis tej wycieczki, pod niejednym względem zajmującej, znajduje się w XIII tomie Pamiętnika Tow. Tatrz. str. 19—32, dokąd odsyłam czytelnika. Zaznaczę tylko, że warstwa górnego lodu wraz z podlodową wodą miała szerokości (tj. grubości) 80 cm., że ciepłota wody wśród warstw lodowych wynosiła prawie 0 (właściwie +0·05°), przy upuście zupełnie wolnym od pokrywy lodowej + 0·5°; ciepłota powietrza o 11 godzinie przed południem — 2·4° C.

11. R. 1892 w dniu 7. marca bawi przy Rybiem wachmistrz żandarmeryi Jan Beja. Szczegóły przez niego zauważone nie są mi znane.

12. W tymże roku dnia 15. maja zwiedza okolicę jeziora p. Bolesław Borucki ze Stanisławowa. Szczegóły nieznane; zaraz jednak następnego dnia, t. j.

13. 16. maja 1892 znajdują się tutaj sierżanci żandarmeryi Jan Kabicz i Aleksander Aleksandrowicz. W następnych dniach maja 20, 23, 27, 28, 31go bawią przy Rybiem bądź ci dwaj, bądź też dwaj inni żandarmi Borowski i Magiera, jakoteż wachmistrz Szlama. Szczegóły przez nich zauważone, a niezależnie przez każdego z nich mi opowiadane i dobrze zgodne ze sobą, są następujące:

16. maja całe Rybie pokryte pływającemi krami lodowemi — częstokroć na sobie wzajem pospieranemi — niemal w zupełności. Topnieją one na Stawie wcale nie odpływając. Przymarzłe pochyło do brzegów kry lodowe otaczają Staw nieruchomo do koła (Kabicz, Aleksandrowicz).

20. maja 1892. Staw blizko w połowie wolny od kier lodowych; brzegi wokoło pokryte lodem. Zauważono, że największa obfitość pływających kier była blizką brzegów (Magiera).

27. maja 1892 skonstatowano znaczne zmniejszenie się ilości lodu na jeziorze (Borowski, Kabicz). Niezawiśle od tych opowiadań potwierdza te same szczegóły wachmistrz żandarmeryi Szlama. Wielka ławica lodowa usadzona na kamienistych zadziorach moreny pod schroniskiem Staszica, miała blizko metr grubości, na niej zaś jeszcze spoczywała blizko pół metrowa warstwa śniegu (Szlama).

Digitized by Google

Stąd wnoszę, iż lód na Rybiem popękał w drugiej pięciodniówce maja 1892.

14. D. 25. maja zwiedzają Rybie Jezioro p. p. W. Beringer i Walery Eljasz. Szczegóły ich spostrzeżeń (ewent. pomiarów okolicznościowych, — termometr znajdował się na miejscu), nie są mi znane.

15. D. 14. listopada 1892 (Bartłomiej Obrokta, przewodnik tatrzański, cieśla i strażnik dróg sporządzanych kosztem Tow. Tatrz., wraz z pomocnikiem ciesielskim). Jezioro tylko krajami lekko przymarznięte, zresztą całkiem wolne jeszcze od lodu. Przypuszcza on, iż jezioro „stanąć" mogło nie prędzej, jak w pierwszych dniach grudnia.

16. D. 24. i 25. grudnia 1892 (p. p. Janusz Mikiewicz, notaryusz z N. Targu, S. Tabeau, F. Z. Nowicki z Krakowa, dwie panie, Jan Bury i dwaj przewodnicy). Wycieczka brawurowa z zamiarem spędzenia wigilii Bożego Narodzenia przy Morskiem Oku. Szczegóły jej, nie przynoszące dla nauki żadnej nowej informacyi, zamieszczono w kronice „N. Reformy" z d. 4. stycznia 1893. Od dwóch uczestników wycieczki p. J. Mikiewicza z Nowego Targu i J. Burego z Białki otrzymałem listownie z osobna niektóre wiadomości (d. d. 12. i 18. stycznia 1893), zasługujące na przytoczenie.

Z pod śniegu przy odpływie wypływała woda jeziora do Rybiego Potoku żwawym prądem, a i cały potok wogóle był nie zamarzniętym. Wielki wodospad od Czarnego Stawu był zupełnie zasypany śniegiem. Lód na jeziorze pokryty był warstwą śniegu około $\frac{3}{4}$ metra grubą, wogóle bardzo nierówną i jakby falistą; wyraźnych śladów lawin na brzegach jeziora nie dostrzeżono [1]). W Nowym Targu rano 25go odczytano ciepłotę — 27° R (?). Szczyty otaczające, a nawet niższe „wypukłości" były nagie; śnieg zalegał obficie dopiero niższe żleby i rozpadliny. Poblizkie źródło „pod Opalonym" było zupełnie niezamarznięte; woda z niego spływała obfitym i wartkim prądem ku Potokowi Rybiemu, poniżej jednak łożysko tego spadu przysypane śniegiem było zupełnie.

17. Dnia 12. kwietnia 1892 (wspomniany już dwukrotnie Bartłomiej Obrokta, który przybył tu razem ze swym pomocnikiem w celu pobicia gontem miejscowej lodowni). Szczegóły zgodnie opowiedziane przez spostrzegacza nierównocześnie i z osobna dwom różnym osobom (mnie w lipcu, księdzu W. J. w sierpniu 1893), co do których nie mógł wiedzieć, iż się dobrze znają. Znalazł staw zupełnie zamarznię-

[1]) Porównywając to ze szczegółami pod l. 4, 10 i 17 należałoby wnosić, iż tworzenie się lawin przybrzeżnych odbywa się dopiero z końcem zimy, najwcześniej więc z początkiem marca.

Digitized by Google

tym prócz odpływu, gdzie częściowo odsłonięty profil warstwicy lodowej pozwolił ocenić jej grubość na 1½ metra. Z upustu wypływała woda o ± czwartej części letniej zasobności odpływu. Lód zawalony był stwardniałym śniegiem więcej niż na metr, zwłaszcza od strony Mnicha; doszedł po nim do połowy Stawu. Powierzchnia tego pola śnieżnego bardzo nierówna; miejscami na niej doły wypełnione powierzchowną wodą, w innych miejscach porozpadana. Brzegiem, zasypiska może na cztery metry wysokie pokrywały kosodrzewinę; w dolnej części zbocza Żabiego widoczne były tylko wierzchołki smreków i limb. Dopływ od Czarnego Stawu pod Rysami „zalodzony", koryto całe śniegiem zawalone; źródło „pod Opalonym" było niezamarznięte: obaj pili wodę z niego.

18. Dnia 5. maja 1893 (sierżant żandarmeryi Kreschner). Rybie całe zamarznięte i śniegiem pokryte; 12. maja 1893, śnieg ustąpił z jeziora, lód jeszcze cały (tenże).

19. Dnia 15. maja 1893. Lody potrzaskane na powierzchni jeziora (Obrokta).

20. Dnia 23. maja 1893. Powierzchnię jeziora zapełniają pływające kry lodowe w znacznej ilości (Kreschner).

Stąd wnoszę, iż rozsadzenie skorupy lodowej na Rybiem nastąpiło pomiędzy 12. a 15. maja 1893. Zwykle zaczynają już lody tam pękać w ostatnich dniach kwietnia; dzieje się to za sprawą ciepłego i suchego wiatru halnego, wywołującego szybkie topnienie śniegów górskich. Te śnieżne roztopy na zboczach górskich i deszcze, które po wietrze halnym wiosną stale następują (Obrokta), dostarczają stawom takiej ilości wody, że ta, nie mogąc nadążyć w odpływaniu przez zacieśnione łożysko upustu, powłokę lodową z dołu do góry wysadza [1]).

Dołączam jeszcze niektóre szczegóły tego rodzaju, jakie z konieczną tutaj przezornością z opowiadań góralskich (Obrokta, Jan i Józef Gąsienica, Kazimierz Bednarz, sołtys Nowobielski, Istvan Feith przewodnik spiski i inni) zebrałem. Ograniczę się jednak tylko do

[1]) Jedyną, ile wiem, pracą, zajmującą się wytłómaczeniem tego wiatru, nie fantazyą pisarską ale na podstawie obserwacyi barometru i termometru, jest rozprawa prof. Fabiana w Ateneum rok XIII, tom III, str. 54. Wywody są zupełnie przekonywające, a wiatr «halny» niewątpliwie «Föhnem» tatrzańskim. Pożądane są bardzo dalsze obserwacye termo i barometryczne podczas wiania tego wiatru, na co zwracałem uwagę obserwatorów w nielicznych meteorologicznych stacyach tatrzańskich. Dr. K. Grissinger dotykając w swej pracy «Studien zur phys. Geographie der Tatra-Gruppe, Wien 1893 pag. 67, tego samego przedmiotu, zdaje się wcale nie znać pracy prof. Fabiana.

Digitized by Google

tych, o których nie wspomina ś. p. prof. M. Nowicki we wybornej swej pracy, poświęconej zresztą innemu przedmiotowi [1]).

Z wiosną najwcześniej odmarzają Stawki Toporowe (wysokość 1095 m., całkiem w zasięgu leśnym), jakoteż Stawek Smreczyński w górnej części Doliny Kościeliskiej (h = 1226 m.) i to zazwyczaj już około 25go kwietnia; najpóźniej Zmarzły Staw poza Kościelcem, Zadni Staw w dolinie Pięciu Stawów Polskich, Zmarzły (zadni) pod Kościelcem i Świnnicą (h = 1900 ±) i taki sam pod Polskim Grzebieniem (h = 1966 m.). Według jednobrzmiących zapewnień Staw Długi (inaczej Kuklaty, h = 1796 m.) pod Świnnicą posiada tę osobliwość, że na wiosnę niema w nim wody zupełnie, tylko same kry lodowe znacznej grubości poprzegradzane tu i ówdzie wielkiemi bryłami kamieni. Utrzymują, że to samo dzieje się także w innych mniejszych (*recte* płytszych) Stawach, ale tylko wówczas, gdy nagle mrozy chwycą (Obrokta). Przypuszczam, że zachodzi w takich razach zjawisko, znane pod nazwą lodu głębinowego (Grundeis), a dla płytszych stawów z niewidocznym odpływem (tj. pod zwykłym poziomem wody) znajduję je nawet dość prawdopodobnem.

Utrzymują dalej, że zanim nastąpi ścięcie się wody na powierzchni, zniża się poziom wszystkich Stawów mniej więcej o 1 metr, co już prof. Nowickiemu i Wierzejskiemu (Pam. Tow. Tatrz. VIII, str. 99) opowiadano. Nie znajduję w tem nic nieprawdopodobnego. W marcu roku 1891 sam przekonałem się naocznie, że przy upuście Rybiego z pod lodowej i śnieżnej pokrywy sączyła się wprawdzie woda, ale dość skąpo w porównaniu ze zwykłą jej obfitością. Wrażenie, jakie wtedy odniosłem, było, że poziom zimowy wody jeziora jest znacznie niższym od jej poziomu letniego. Nie miałem wówczas żadnego dokładniejszego środka do zamarkowania ówczesnego poziomu (jakiegoś przyrządu niwelacyjnego), do czego nawet znaków na otaczających upust kamieniach użyć nie mogłem. Mogłem jedynie na pobieżnym szkicu rysunkowym terenu najbliższego upustowi odznaczyć stanowisko swoje względem przedarcia w morenie, oraz położenie niepokrytych śniegiem złomów granitowych (w celu odnalezienia latem tego samego miejsca) i według nich zaznaczyć wysokość, po którą struga wodna sięgała. W lipcu tego samego roku przybywszy powtórnie na miejsce i dobrze je rozpoznawszy, stwierdziłem wysokość poziomu najmniej $\frac{1}{2}$ metra większą, celem zaś ściślejszych w tej mierze oznaczeń postarałem się wówczas o sporządzenie drewnianego wodoskazu, który ustawiłem przy północno-wschodnim brzegu jeziora. Na nim

[1]) M. Nowicki: Kozica (Antilope rupicapra), Kraków 1868 str. 29 i nast.

Digitized by Google

w ciągu kilkudniowego pobytu przy Rybiem często odczytywałem względne wysokości poziomu wody, a znalazłszy chętnego obserwatora [1]), zdołałem szereg odczytań przedłużyć poza czas swojej tam obecności. Wodoskaz nie dotrwał do następnej wiosny — stał nienaruszony jeszcze w październiku 1891 (Szlama) — a dotąd nie wiem czy wodą, lodami, czy też ludzką ręką został uprzątnięty. Takiemu samemu losowi uległ nowy palik wodoskazowy, jaki urządziłem w lecie r. 1892. (w miejscu blizkiem dawnego, a kosodrzewiną zupełnie zamaskowanem), pomimo że dla jego stałości i wytrzymałości uczyniłem wszystko, co było w mej mocy; zapewne stanie się to samo z trzecim wodoskazem ustawionym tam przeze mnie w lipcu 1893. Zebrane przez się liczby — odnoszące się niestety do różnych i nieporównanych ze sobą punktów zerowych — mam nadzieję powiększyć nowemi, a dla tego ich tutaj nie umieszczam.

Co się tyczy dalej procesu zamarzania jezior, to tyle jest jeszcze pewnem, że skorupa lodowa rozpoczyna się tworzyć po brzegach, a dopiero w miarę spadania ciepłoty w późnej jesieni posuwa się coraz dalej ku środkowi Stawu. Najwcześniej też odmarza środek jeziora. Gdy wiosną „zmięk" śniegów nastaje, a nadmiar wody ze śniegów wlewa się do basenu jeziora, podmarzłe ujście nie zdoła jej uprowadzić jednocześnie; cała wielka płyta lodowa, uciskana z dołu do góry ciśnieniem hydrostatycznem, musi się zrazu nieznacznie „wygiąć" [2]) ku górze i to najbardziej w środku jeziora i tam popękać, podczas gdy bliżej brzegów może się ona jeszcze dłuższy czas utrzymywać.

Znany turystom przewodnik tatrzański Istvan Feith zapewniał mię m. i., że dnia 2. czerwca 1885 r. przeszedł przez Rysy do Rybiego. Staw Czarny znaleziono w $\frac{3}{4}$ całkiem jeszcze zamarzniętym; jedynie sam środek jego zalegały pogruchotane już i pospierane na sobie wielkie kry lodowe. Dążąc do Schroniska Staszica, obeszli Staw brzegiem zachodnim (popod Turnię Mięguszowiecką) po lodzie, gdyż zwykła „perć" turystyczna popod Żabiem przywalona była jednem wielkiem polem śnieżnem, pochyło ku środkowi jeziora spadającem.

W lipcu roku 1892. (dnia 11go i 12go) rozpatrując najbliższe

---

[1]) P. Teofil Więcław, ówczesny administrator Schroniska.

[2]) Dawniejsze mniemanie odmawiające lodowi wszelkiej sprężystości okazało się błędnem. Jeszcze J. Tyndall w swem piśmie o dynamice lodowców alpejskich stoi na starem stanowisku. Piękne prace experymentalne Bianconi'ego (Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences à Paris, T. 82 z r. 1876, str. 1193) i prof. O. Fabiana: Rozprawy krak. Akad. Umiejętności t. IV; toż Carl, Repert. für Exp. Physik. T. XIII, pag. 447) nietylko że obaliły to mniemanie, ale nawet wyznaczyły moduł sprężystości lodu.

Digitized by Google

otoczenie Stawu Czarnego pod Rysami (tj. nad Rybiem), podówczas jeszcze częściowo „zalodzone", a mianowicie operując przyrządem pomysłu Fugger'a, o którym niżej, uderzyło mię i towarzysza mego, że prócz zwisających nad wodą ławic śnieżnych spodem grubo zlodowaciałych, a wypełniających w górnem ich przedłużeniu mniej lub więcej strome żleby Rysów i Żabiego, znajdują się tam samotnie leżące, dość wielkie takie ławice, spodem znacznie wytopione, nie przedłużone śniegowato w górę, ani też nie związane z właściwym brzegiem Stawu, jak tamte. W kawernę znajdującą się pod jedną taką ławicą (u stóp Żabiego, blizko okolicy brzegu wygiętego sercowato) zdołałem się nawet wczołgać; z nizkiego jej stropu ściekała obficie woda po soplowatych przedłużeniach, wejście do niej było około 2 metrów ponad poziomem jeziora, a co najmniej 6 metrów oddalone od najbliższego jego brzegu, na którym tutaj już ani śladu śniegu nie było. Inną podobną ławicę oglądał mój towarzysz, postępując ze sznurem przyrządu Fuggera brzegiem w głąb Stawu ku Rysom. Drobniejszych kilka, tak samo samotnych, znajdowało się także w pobliżu kamiennej „Koleby", znanej turystom. Na miejscu, nie mogłem oprzeć się przekonaniu, że te ławice są dogorywającymi szczątkami zimowej powłoki jeziora. Jeżeli jest coś w tem prawdy, co przewodnicy uporczywie utrzymują, że poziom wód Czarnego Stawu (t. j. właściwego Morskiego Oka) podlega bardzo wielkim zmianom, właśnie największym ze wszystkich stawów tatrzańskich [1]), to objawy obserwowane przeze mnie w r. 1892 dałyby się bardzo łatwo wytłómaczyć. Wysadzeniu wiosennemu skorupy lodowej towarzyszy zawsze wysoki stan wody na jeziorze, obwód jego i powierzchnia są wówczas niezawodnie większe od tego, który

[1]) Jedynie jako *curiosum* wspomnę o przekonaniu niektórych górali, że zmiany poziomu wody na Czarnym Stawie pod Rysami (właściwe Morskie Oko) stosują się do lunacyj księżyca. Jeden z nich — widocznie uczeńszy — objaśniał mię nawet, że nazwa «Morskie Oko" nie czemu innemu zawdzięcza swój początek, jak tożsamości przypływu i odpływu wody tu i tam. Zauważę wreszcie, iż to mniemanie musi być już bardzo dawnem, skoro spotykamy się z niem już w roku 1751. Wówczas to rządowa komisya graniczna (ks. Liesganig, matematycy Nagel i Baillon, Ernest Netz dyr. akad. górniczej w Kremnitz i przyrodnik Jakób Buchholtz) słysząc zapewnienia górali o bezdenności jeziora Przybylińskiego, jakoteż o rzekomym peryodycznym jego przypływie i odpływie, postanowiła przekonać się na miejscu, ile prawdy jest przynajmniej w drugiem z tych twierdzeń. Nie znaleziono żadnej zmiany poziomu wody w jeziorze, pomimo że 8 godzin przy niem bawiono, tutaj przenocowano, a i nazajutrz Buchholtz nie znalazł żadnego przybytku albo ubytku (Windisch's, Ungarisches Magazin IV, streszczone w Jahrbuch des ungar. Karpathen-Vereines, T. X, Kesmark 1883 str. 255). O ile wiem, to jedyne pewniejsze zjawiska peryodycznego przypływu i odpływu wód na jeziorach, dostrzeżono na kilku większych takich zbiornikach wody w Górach Skalistych (Rocky-Mountains) Ameryki Północnej.

Digitized by Google

latem widzimy, a sprzyja temu szczelne zamknięcie kotliny tego jeziora turniami i moreną do koła. Za opadnięciem wody osiadają przybrzeżne pływające kry na bardziej położystych zboczach, poziom wody opada tymczasem jeszcze bardziej, a jezioro wracając do normalnego swego (letniego) stanu, oddala swój brzeg od swojej własnej skrzepłej pozostałości. Niemal to samo obserwowałem przy Stawie Zadnim (najwyższym w Dolinie Pięciu Stawów Polskich) w dniu 22. lipca 1892. Natomiast nie znalazłem tych objawów „szczątkowych" na Czarnym Stawie w lecie r. 1893; w dniach mego tam pobytu (27. lipca i 1go sierpnia) całe jego otoczenie było zresztą może 3 razy uboższem w śnieg aniżeli roku ubiegłego. Przypomnę wreszcie, iż takie osiadanie kier lodowych zdala od brzegów jest zjawiskiem także i na równinach dość zwykłem, a zdarzającem się po wiosennem zrzuceniu lodów na rzekach i towarzyszącej mu często powodzi.

Pękaniu lodów i potrącaniu się kier ma towarzyszyć charakterystyczny chrząst, czego sam nigdy nie słyszałem, lubo miałem kilkakrotnie sposobność bawić (wśród lata) przy stawkach wysoko położonych, a założonych dość obficie krą (Zadni, Zmarzły pod Zawratem). Przypuszczam, że osobliwe „dzwonienie" lodów na Zmarzłym Stawie pod Polskim Grzebieniem (w początku sierpnia 1876), które opisuje Dr. T. Chałubiński [1]) nie inną miało przyczynę; znanem jest ono zresztą jako jeden z objawów towarzyszących tworzeniu się rozpadlin w lodowcach alpejskich [2]).

Zanotuję wreszcie niektóre luźne wiadomości tyczące się zimowego stanu innych jezior tatrzańskich. Jedyną znaną mi wycieczkę zimową do innego jeziora tatrzańskiego prócz Rybiego odbył w pierwszych dniach kwietnia 1891 r. Dr. Kozłecki z Nowego Targu w towarzystwie p. Kleczyńskiego (jun.), a to do Czarnego Stawu pod Kościelcem w Dolinie Suchej Wody. Wiadomość o tem znajduje się w kronice Nr. 80. dziennika N. Reforma t. r. Nie wiem, czy przy tej sposobności uczyniono jakiekolwiek spostrzeżenie naukowo interesujące. Okolica tego stawu musi być zimą bez porównania niedostępniejszą, aniżeli Dolina Rybiego. Wiadomości o zimowym stanie tego zbiornika wód w dwóch latach ubiegłych, podaję według opowiadań Jana Franka Gąsienicy, wieloletniego gospodarza budy zwanej schroniskiem, jedynego człowieka, który może coś o tem pewniejszego powiedzieć.

---

[1]) Pam. Tow. Tatrz. Tom IV, str. 52.

[2]) Zob. Melchior Neumayr. Erdgeschichte, Leipzig 1886, Bd. I, pag. 499.

Digitized by Google

W roku 1892. przybył do schroniska na stałe w dniu 16. maja; znalazł lód na całym Stawie, środkiem jednak już popękany.

W r. 1893 przybył on tu dopiero w dniu 24. czerwca. Znalazł Staw w połowie zamarzniętym; ogromne kry lodowe pływały po wodzie wyłącznie z tyłu Stawu (w stronie jedynego dopływu większego od Stawu Zmarzłego pod Zawratem) i pod Kościelcem; cała wschodnia część jeziora pod Żółtą Turnią była zupełnie wolną od kry, co go mocno zastanawiało. Twierdzi, że i po inne lata to samo spostrzegał. Pływające kry nie podpływają nigdy do „odchodu" (tj. odpływu) tylko tak pływając, zwolna topnieją. Grubość lodu ma dochodzić tutaj niekiedy do 2 metrów. W kwietniu 1893 był podobno tutaj jakiś turysta ze starym Sieczką przewodnikiem; w końcu maja t. r. podeszli tutaj juhasi od szałasów Gąsienicowych i znaleźli Staw całkiem jeszcze zamarzniętym.

Dnia 20. października 1892 wyciągał rzeczony gospodarz przy pomocy kilku innych ludzi tratwę z jeziora na brzeg. Śnieg pruszył wówczas już dobrze. Staw był całkiem wolny od lodu, nawet śryżu nie było. W końcu października (dzień niewiadomy) był tutaj ostatni raz przed zimą: woda przy brzegu poczęła się była już ścinać w lód. Staw zamarza zawsze od brzegów; tutaj bywa niekiedy lód już dość gruby, gdy środek jego jest jeszcze całkiem ciekły. Zupełne zamarznięcie następuje dopiero około połowy listopada, co zresztą jest zmienne stosownie do jakości jesieni.

Położony o 152 metrów ponad nim znacznie mniejszy Staw Zmarzły (h = 1795 m.) ma także swoje szczegóły tego rodzaju, raz dzięki temu, że rozmarza znacznie później od tamtego (już w początku „okresu turystycznego"), a powtóre, że obok niego prowadzi osławiony szlak na Zawrat. Z nowszych, bądź cudzych wiarygodnych, bądź własnych takich spostrzeżeń, wymieniam:

R. 1876. 15. lipca. Większa część Stawu przywalona śniegiem (prof. Świerz).

R. 1889. d. 16. lipca. Staw zupełnie wolny od lodu i śniegu (po brzegach nawet); dopiero we wąwozie Zawratowym, zwłaszcza po stronie wschodniej (lewej dla pnących się w górę), większe ławice stwardniałego śniegu (B).

R. 1890. dnia 8. sierpnia. Staw całkiem rozmarznięty, śniegu wokoło bardzo niewiele (B).

R. 1891. dnia 8. sierpnia. Staw całkiem rozmarznięty; jedynie brzegi, sąsiednie żleby i dziury założone śniegiem dość obficie (B).

R. 1892. d. 28. czerwca. Staw był dopiero „w trzecinie odpuszczony" (tj. że ⅔ było na nim jeszcze lodu, według bliższego komen-

Digitized by Google

tarza do wyrazu „trzecina“). Zaś 15. lipca t. r. jest on już całkiem odtajałym; śniegi wokoło leżą obficie po brzegach i dziurach. (Józef Gąsienica Bystrzon). W tydzień później, tj. 22. lipca znalazłem to samo. Pola i ławy śniegowe schodzą aż do samych brzegów Stawu; popod śniegiem zlodowaciałym dziury i kawerny jak przy Czarnym Stawie pod Rysami. Wyższe partye Granatów obfitym śniegiem zawalone. Ciepłota wody jeziorka + 3·0° C (B). [1])

Tego rodzaju szczegóły, skąpe zresztą, a nieuchwytne ilościowo, mamy i dla niektórych innych Stawów. Tak tu, jak i powyżej przytaczam te z nich tylko, które budziły we mnie zaufanie w ich rzetelność. Tu i owdzie zdołałem ją stwierdzić w sposób niewątpliwy. Stosuje się to m. i. do następującego szczegółu.

R. 1892 dnia 6. czerwca. Jan Gąsienica Byrcarz, przewodnik ze Zakopanego, oznajmia mi. że w tym dniu był (z turystą) w Dolinie Pięciu Stawów Polskich i widział wszystkie te stawy pokryte jeszcze całkiem lodami; jedynie na Wielkim były lody już popękane. Z własnego doświadczenia dodać mogę tylko tyle, że przejeżdżając dnia 25. marca 1891 z Łysej do Roztoki, nietylko widziałem strumień Roztokę wodę dość obficie toczący, ale i zmierzyłem jej ciepłotę (+ 2° C). Stąd wnoszę m. i., iż utrzymujące się mniemanie, jakoby wodospad Siklawa (początek Roztoki) zimą zupełnie zamarzał, jest z prawdą niezgodne [2]), lubo nie przeczę, że zimą zasila on strumień znacznie skąpiej aniżeli latem. Ówczesna moja próba podsunięcia się pod pierwsze wodospady Roztoki była z powodu zasp śnieżnych bezowocną.

Kończę ten rozdział zwięzłem przytoczeniem szczegółów długiej a wczesnej wycieczki, jaką w drugiej połowie czerwca 1892. odbył p. S. kapitan 100go pułku piechoty, prowadzony przez znanego mi z wiarygodności przewodnika Józefa Gąsienicę Bystrzona.

Wyruszono ze Zakopanego 22. czerwca przez Krzyżne do Doliny Pięciu Stawów; Staw Wielki, Mały i Przedni znaleziono całkiem rozmarznięte. Nazajutrz zwiedzono Morskie Oko, które pokryte było

---

[1]) R. 1893 dnia 5. sierpnia. Staw zupełnie rozmarznięty, śniegów w całem otoczeniu nieporównanie mniej, aniżeli 22/VII roku ubiegłego; ujście całkiem, brzegi prawie całkiem wolne od nich (B).

[2]) Przed laty pokazywano mi nawet rycinę (nie fotografię) zamarzniętej Siklawy. Od progu jej zwisały, jakby stalaktyty, kolosalne długością i grubością sople lodu (wodospad ma 64 metrów wysokości); jedna wygięta część strugi wodnej nawet w tym stanie zakrzepła. Nie potrzebuję dodawać, że cała ta kompozycya jest wziętą wprost z fantazyi.

Digitized by Google

w połowie krami pływającemi; jedynie zachowała się jeszcze cała rama przybrzeżna z lodu, ale i ta była już połamana.

Rano 24go wyruszono zwykłym szlakiem przez Dolinę Białej Wody i Polski Grzebień do Szmeksu. Staw Zmarzły pod Polskim Grzebieniem (h = 1966 m.) był cały zamarznięty, ale na lodzie po krajach znajdowała się już woda: nawet znacznie niższy Staw Wielicki (Felkaer-See, h = 1641 m.) był tylko w części rozmarzniętym. Dnia 27. czerwca puszczono się Doliną Mięguszowiecką wzdłuż Popradu ku Stawom Żabim, które znaleziono w największej części jeszcze zamarznięte, a stąd wdarto się na Rysy. Z Rysów udano się tą tamą drogą do Stawu Hinczowego niższego (h = 1952 m.). Staw znaleziono już całkiem rozmarzniętym. Nazajutrz (28go czerwca) wczas rano przez przełęcz Koprową przedostano się do Doliny Hlińskiej i zwiedzono Stawy Smreczyńskie; z tych „niżni“ (h = 1676 m.) był już bez lodu, zaś „wyżni“ (h = 1728 m.) zawalony w części śniegiem zlodowaciałym. Przez przełęcz Gładkie przesadziwszy, znaleźli się ponownie w Dolinie Pięciu Stawów, ale na najwyższym jej tarasie, skąd mogli stwierdzić, że Czarny Staw tej doliny (h = 1757 m.) jest wprawdzie wolnym od lodów, ale że pola śnieżne zalegające całe zbocze Miedzianych dochodzą do samych jego brzegów. Widoczny z tej wysokości zaułek między Mnichem a Miedzianemi, był cały zapchany śniegiem. Staw Zadni (h = 1889 m.), który obserwowali tylko z góry, postępując wzdłuż Walentkowej ku Zawratowi, pokrywały pogruchotane ławy lodowe. Na Stawku Zmarzłym pod Granatami był lód małoco „pukniony“ na środku. Natomiast Czarny Staw pod Kościelcem (h = 1626 m.) ujrzano całkiem już rozmarzniętym, a na nim kry w małej już tylko ilości. Dnia 29go powrócono do Zakopanego.

ROZDZIAŁ V.

Stosunki ciepłoty w różnych głębokościach.

Ogólne uwagi.

Badanie stosunków ciepłoty w głębszych warstwach Rybiego jeziora rozpoczęto w r. 1884. wykonaniem jednego szeregu pomiarów w 5-ciu rozmaitych głębokościach. Rok przedtem oznaczono ciepłotę wody jedynie na samem dnie jeziora. Prof. Świerz, któremu zawdzię-

Digitized by Google

czamy te najpierwsze pomiary Rybiego [1]), badał zarazem w tych samych latach także i inne jeziora tatrzańskie, a przedewszystkiem Czarny Staw pod Kościelcem [2]). Te oznaczenia nazywam najpierwszemi, gdyż 3 lub 4 liczby, jakie E. Dziewulski znalazł jeszcze wcześniej przy sposobności sondowań, są niewątpliwie błędne [3]).

W r. 1886 wykonał Dr. Karol Grissinger jeden szereg pomiarów tego rodzaju w naszem jeziorze, a nadto w trzech innych jeziorach tatrzańskich, leżących jednak już po stronie węgierskiej [4]). Wyniki tych pomiarów zostały ogłoszone [5]) przeszło dopiero w 7 lat później, tj. w połowie r. 1893. Zdaję się, że autor pisząc swą pracę, nie znał pomiarów prof. Świerza, nigdzie bowiem o nich nie wspomina. Projekt termometrycznego sondowania jezior węgierskich, jaki o tym czasie rozwinął prof. Dezsö, pozostał dotąd projektem.

Poczynając od roku 1890. wykonałem po koniec roku 1893. około 20 szeregów podobnych pomiarów tak w Rybiem, jakoteż w kilku innych jeziorach tatrzańskich, po stronie polskiej. Z nich jeden szereg został wykonany w porze zimowej r. 1891, po przebiciu grubej warstwy lodu i śniegu, którą całe jezioro było pokryte. Bliższe szczegóły podaję niżej.

W miesiącach letnich lat 1892 i 1893 badał L. Świerz innym niż dawniej termometrem (Negretti and Zambra) ciepłoty głębin jezior w Tatrach po stronie polskiej. Z tych dwóch lat istnieją zatem dwojakie, niezależne od siebie, pomiary, a to przynajmniej co do dwóch stawów tatrzańskich (Rybie, Czarny Staw pod Kościelcem) przez obu nas w tych latach (nierównocześnie) zwiedzonych.

Ażeby z takiego to materyału obserwacyjnego dały się wydobyć jakieś pewniejsze wnioski, wskazujące na jakość praw rządzących mechaniką termiczną jeziora, potrzeba przedewszystkiem, ażeby liczby różnych obserwatorów dawały się pomiędzy sobą wprost porównywać.

---

[1]) Pamiętn. Tow. Tatrz., Tom X, Kraków 1885 r. str. 122.

[2]) Dwa inne stawy: Staw Wielki w dolinie Pięciu Stawów i jezioro Szczyrbskie tylko częściowo. Do pomiarów służył termometr minimum roboty H. Kappeller'a (jun.).

[3]) Z wyjątkiem jednej liczby: ciepłoty na dnie Stawu Czarnego pod Kościelcem (zob. Pam. Tow. Tatrz. tom VII, str. 85), oznaczonej termometrem max. - min. Sixa i Belloni'ego, podczas gdy inne liczby znalazł Dziewulski sposobem bardzo pierwotnym, zapuszczając butelkę z termometrem zwykłym na dno (batometr).

[4]) Jezioro Szczyrbskie, Popradzkie i Staw Zmarzły w Dolinie Wielkiej Zimnej Wody (Gr. Kolbachthal).

[5]) Studien zur physischen Geographie der Tatra-Gruppe (Separatabdruck, aus dem XVIII Jahresberichte des Vereins der Geographen an der Universität Wien, Wien 1893.

Digitized by Google

Tak jednak nie jest — a niestety. Powód tego jest kilkoraki. Nasamprzód zdaje mi się być pewnem, że tak prof. Świerz, jakoteż Dr. Grissinger nie oznaczyli poprawek swoich termometrów, ewent. punktu zera nie badali; przynajmniej w odnośnych sprawozdaniach nie znajduję o tem najmniejszej wzmianki. Drobny błąd jednej lub dwóch dziesiętnych stopnia C. w pomiarze ciepłoty płytszych warstw wody daje się wprawdzie tolerować bez naruszenia ostatecznych wniosków, ale taki sam błąd przy pomiarze ciepłoty głębokich warstw wodnych, może — jak to zobaczymy — doprowadzić do wniosków zupełnie fałszywych. Jedynie traf umożliwił mi (w r. 1893) porównać termometr minimum (Negretti and Zambra) używany (tylko) w latach 1892. i 1893. przez prof. Świerza, z termometrem minimum (Rohrbeck Nr. 1), którego sam używałem. Nie potrzebuję zupewne dodawać, że wszystkie termometry, których od r. 1890. w Tatrach używałem, były poprzednio co do punktu zera badane, jakoteż z wielkim termometrem normalnym (Dr. Houdek Nr. 146) wielokrotnie porównywane. Starsze pomiary prof. Świerza, oraz pomiary Dra Grissingera, robione w obu razach termometrami H. Kappeller'a jun., nie pozwalają dzisiaj już ani myśleć o redukcyach do prawdziwego punktu zero.

Powtóre muszę zauważyć, że we wszystkich pomiarach prof. Świerza głębokości podawane nie są poprawione z powodu skracania się sznura w wodzie. Pozostałe pomiary: Dra Grissingera i moje uwzględniają tę poprawkę, która nie jest bez znaczenia, jeżeli zważymy, że sznur używany przez Dra G. skracał się o 8%, zaś sznury, których sam używałem o 5—6% własnej swojej długości. Toż samo i E. Dziewulski nie zwracał uwagi na rzeczone skracanie się, skutkiem czego — jak słusznie podnosi Dr. Gr. [1]) — wszystkie jego głębokości są nieco za wielkie.

Dalej podnieść należy okoliczność, że przy rozmaitych pomiarach badano rozkład temperatur na liniach pionowych wogóle rozmaitych, tj. ustawiając tratwę nie zawsze na temsamem, co poprzednio miejscu. Nie jest to bez wpływu na otrzymane liczby, jak to niżej zobaczymy. Niepewność, jaka stąd wypływa, jest jednak podrzędną w porównaniu z poprzedniemi, zwłaszcza, że obserwatorzy stanowisko tratwy obierali zawsze w miejscu największej głębokości, a więc przeważnie „w środku" jeziora. Ostatnią przeszkodą bezpośredniego porównywania liczb jednego obserwatora z liczbami drugiego jest różność głębokości, do których spuszczano pod wodę termometr. Tak np. w r. 1884. prof. Świerz oznacza ciepłotę Rybiego

[1]) l. c. str. 38.

Digitized by Google

w głębokościach (niepoprawionych) 10, 20, 30, ... metrów, w r. 1892 w bardzo rozmaitych głębokościach jak 10, 15, 44 m., innym razem 11, 12, 13, 14, 17, 22, 29 m. itd. Dr. Grissinger w r. 1886 w 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20 i 30 metrów; to samo stosuje się do moich własnych pomiarów w czteroleciu 1890—1893. Wszyscy obserwatorzy działali tu na własną rękę bez poprzedniego porozumienia się, a stąd ta rozmaitość.

To są trudności, które należało — ile możności — wpierw uprzątnąć, zanim można było się pokusić o wyszukanie jakiegoś prawa rządzącego rozkładem temperatur we wnętrzu jeziora, a zwłaszcza zmiennością ich z czasem. Porównanie istniejących do tej pory liczb oberwowanych daje się skutkiem tego uskutecznić tylko wobec dwu założeń:

1) Że liczby ogłoszone przez obserwatorów nie wymagają żadnej poprawki z powodu błędności punktu zera. Stosuje się to jednak tylko do dwóch termometrów minimum Kappeller'a, używanego dawniej (1884) przez prof. Świerza i drugiego używanego w r. 1886 przez Dra Grissingera.

2) Że wszyscy obserwatorzy mierzyli ciepłoty w tem samem miejscu jeziora, co też rzeczywiście w przybliżeniu zachodziło.

Pozostałe zaś dwu źródła błędów można było już rachunkiem z dostateczną dokładnością uchylić.

Jestem zdania, że głębokości podawane przez prof. Świerza istotnie poprawimy, jeżeli szereg obserwacyj z r. 1884 pomniejszymy o 8% (sznur był nowy, przedtem nieużywany), zaś szeregi z lat 1892 i 1893 pomniejszymy również, ale tylko o 5% (sznur wielokrotnie już używany).

O drugim punkcie niejednolitości materyału obserwacyjnego, pochodzącym z używania „skali głębokości" różnej u różnych obserwatorów, mówiłem już poprzednio. Skala Dra Gr. jest z pewnością bardziej racyonalną od starszej skali prof. S. Powód tego leży w tem, iż chyżość zmiany ciepłoty wraz z głębokością jest bardzo niejednostajna. W ogólności biorąc, jest ona zrazu powolną, niżej coraz większą, osiąga (chyżość) swoje maximum w głębokości około 10 metrów (przynajmniej latem), odtąd się zmniejsza, stając się w znaczniejszych głębokościach bardzo małą. Jest więc z pewnością rzeczą wskazaną, aby „węzły" na sznurze były umieszczone najgęściej pomiędzy 5ma a 15ma metrami, np. co 1 lub 2 metry. Niżej wystarczają odstępy 5cio metrowe, jeszcze niżej 10cio metrowe, a nawet większe. Świadom tej okoliczności (na co zwróciły moją uwagę piękne prace prof. F. A. Forel'a o jeziorach w Alpach szwajcarskich

Digitized by Google

i sabaudzkich) posługiwałem się we wszystkich własnych pomiarach „skalą“ do tego objawu zastosowaną.

Redukcya ciepłot wody wchodzących w skład szeregów obserwacyjnych o różnych „skalach“ głębokości, na ciepłoty odpowiadające pewnej normalnej skali daje się uskutecznić z wielką dokładnością zapomocą stosownych interpolacyj. Wielorakie usiłowania, ażeby obserwowane ciepłoty tak w moich własnych szeregach, jakoteż innych obserwatorów przedstawić na całym pionie jedną jedyną funkcyą samej głębokości, miały skutek tylko częściowy, pouczyły mię jednak, iż pojedyncze części krzywej w mniejszej głębokości dają się przedstawić bardzo dobrze zapomocą paraboli, że natomiast niższe części krzywej swą asymptotyczną krzywizną zbliżają się bardziej do hyperboli. Stosownie do tego wprowadziłem dwojaką interpolacyę, którą pozwalam sobie nazwać wprost paraboliczną, a względnie hyperboliczną; pierwsza z nich da się zastosować korzystnie do mniejszych głębokości, druga do większych. Dwa konkretne przykłady wyjaśnią użycie ich lepiej, aniżeliby się to najdłuższem opisywaniem osiągnęło.

Przykład interpolacyi parabolicznej.

Dnia 16. lipca 1892 r. obserwowałem m. i. następujące ciepłoty wód Rybiego Jeziora.

z	τ
2·1 m.	10·5° C.
4·0 „	10·2
6·7 „	9·8,

gdzie tak głębokości (z), jakoteż ciepłoty (τ) są już całkiem poprawne.

Interpolacya „paraboliczna“ będzie polegała na przedstawieniu związku między temi liczbami zapomocą wzoru

$$\tau = \alpha + \beta z + \gamma z^2,$$

który geometrycznie przedstawia parabolę. Trzy stałe tu wchodzące dają się bardzo szybko i dogodnie znaleźć następującym sposobem. Pomniejszając wszystkie z o 2·1 m., wszystkie τ o 10·5°, otrzymamy zestawienie

Digitized by Google

ξ	η
0·0	0·0
1·9	— 0·3
4·6	— 0·7,

co wskazuje, że dla tych liczb powyższy wzór zamienia się po prostu na $\eta = a\xi + b\xi^2$, tj. $a + b\xi = \frac{\eta}{\xi}$, skąd na wyznaczenie stałych a, b wypływają dwa równania

$$a + 1{\cdot}9\,b = -\frac{0{\cdot}3}{1{\cdot}9} = -0{\cdot}1579,$$

$$a + 4{\cdot}6\,b = -\frac{0{\cdot}7}{4{\cdot}6} = -0{\cdot}1522,$$

a to daje natychmiast

$$a = -0{\cdot}1619, \quad b = +0{\cdot}0021.$$

Jeżeli więc będziemy szukali temperatury w głębokości np. 5 metrów, to ponieważ wówczas $\xi = (5{\cdot}0 - 2{\cdot}1) = 2{\cdot}9$, szukana temperatura będzie

$$= 10{\cdot}5 + 2{\cdot}9\,(a + b.\,2{\cdot}9) = 10{\cdot}5 - 0{\cdot}45 = +10{\cdot}05^{\circ}\,\text{C}.$$

Oczywiście, że stałe a, b muszą być każdym razem osobno obliczane; przy wyborze trzech dat obserwacyjnych do interpolacyi należy kierować się uwagą, ażeby środkowa data (tutaj 4·0 m.) była ile możności najbliższą tej głębokości (u nas 5 m.), dla której szukamy nieobserwowanej temperatury.

Przykład interpolacyi hyperbolicznej.

W r. 1886 obserwował Dr. Grissinger m. i. następujące ciepłoty w głębi Rybiego

z	τ	z	τ
10·0 m.	8·1°	30·0 m.	4·6
20·0 „	5·5	37·5 „	4·6,

gdzie głębokości z są już całkiem poprawne (z powodu kontrakcyi sznura), zaś liczby τ wymagałyby jeszcze drobnej stałej korekcyi z powodu ewent. błędu zera na termometrze. Termometr Kappellerowski, którego używał Dr. Gr. był dzielony jak zwykle na $\frac{1}{5}$° C; równość ciepłoty (4·6) w dwóch głębokościach 30·0 m. i 37·5 m. znacznie różniących

Digitized by Google

się między sobą wskazuje raczej, że w 30 m. odczytanie bliższe prawdy byłoby zapewne 4·65° C, odczytanie w 37·5 m. zaś raczej 4·55° C. Na każdy sposób będziemy bliższymi prawdy, biorąc 4·6° C. za ciepłotę średniej z owych dwóch głębokości okrągło 33·5 m., a trzy daty

z	τ
10·0	8·1°
20·0	5·5
33·5	4·6,

z których środkowa odpowiada już znaczniejszej głębokości, przedstawiamy hyperbolą

$$\tau = \alpha + \frac{\beta}{z + \gamma},$$

gdzie α, β, γ są stałemi, dającemi się zawsze wyznaczyć króciutkim rachunkiem. Znajdujemy

$$\alpha = 3{\cdot}39, \quad \beta = 38{\cdot}1, \quad \gamma = -1{\cdot}9,$$

tak, iż wzór

$$\tau = 3{\cdot}39^0 + \frac{38{\cdot}1}{z - 1{\cdot}9}$$

posłuży do korzystnej interpolacyi na przestrzeni powyższych trzech danych, dokładnej zwłaszcza w okolicy 20 m. Rozumie się samo przez się, iż tego rodzaju wzorów nie wolno używać do extrapolacyi. Tak np. dla głębokości 15 m., względnie 25 m. otrzymamy według tego przynależne ciepłoty

$$3{\cdot}39 + \frac{38{\cdot}1}{13{\cdot}1} = 6{\cdot}30^0\,\text{C}, \quad \text{resp.} \quad 3{\cdot}39 + \frac{38{\cdot}1}{23{\cdot}1} = 5{\cdot}04^0\,\text{C}, \text{ itd.}$$

Tego rodzaju obliczenia przeprowadziłem z całym materyałem obserwacyjnym, ażeby doprowadzić go o ile możności do jednolitości. Musiało to nastąpić zanim można było się zabrać do porównywania ze sobą ciepłot na tych samych poziomach w różnych czasach, a wogóle do śledzenia praw zmian termicznych wewnątrz jeziora. W tych przygotowawczych rachunkach zachowałem wszędzie drugie miejsca dziesiętne ciepłot, lubo po większej części są one wątpliwe: uczyniłem to zaś tylko dlatego, ażeby zabezpieczyć dokładność pierwszego miejsca dziesiętnego w ostatecznych rezultatach. Oczywiście, że tak samo postępowałem i co do innych jezior, o ile ich materyał obserwacyjny pochodził od rozmaitych obserwatorów, używających rozmaitych „skal“ głębokości.

Digitized by Google

Zanim przystąpię do zestawień tabelarycznych, należy mi podać zwięźle szczegóły tyczące się tak instrumentów używanych przeze mnie w czteroleciu 1890—1893, jakoteż sposobu wykonywania pomiarów, oraz poczynione przy tej sposobności spostrzeżenia.

Termometry i inne narzędzia; metoda pomiarów; uwagi i spostrzeżenia zebrane w ciągu własnych moich pomiarów w latach 1890—1893.

Na własną rękę pomiary ciepłoty w głębi jezior tatrzańskich rozpocząłem w lecie r. 1890., chcąc zaś wytworzyć sobie ogólne wyobrażenie o jakości zjawisk tutaj występujących, rozpatrzyłem w tym celu także literaturę tyczącą się innych jezior górskich, głównie alpejskich. Prace Richtera, Geistbecka, Simony'ego, Delebeque'a, a zwłaszcza prof. Forela pouczyły mię pod niejednym względem i przysposobiły do pomiarów. które następnie wykonywałem.

W pierwszej połowie sierpnia 1890. r., zaopatrzywszy się w termometr maximum-minimum Sixa i Caselli'ego (na $\frac{1}{5}^0$ R. dzielony, zresztą średniej tylko dobroci), termometr rtęciowy na $\frac{1}{5}^0$ C. dzielony i wyborny hypsometr (Naudet nr. 1345) zwiedziłem dwa najbardziej uczęszczane jeziora tatrzańskie: Rybie i Czarny Staw pod Kościelcem, ten ostatni dwukrotnie.

Punkt zera obu termometrów był badany przed wyruszeniem w drogę. Pomiary w środku jeziora wykonywałem w odstępach gęstszych, aniżeli moi poprzednicy; kilka pomiarów odosobnionych, wykonanych powtórnie tylko dla kontroli liczb otrzymanych. okazało n i e z g o d n o ś c i, których nie umiałem sobie zrazu wytłómaczyć. Przeczuwając. że na zjawiska tutaj występujące wpływać muszą w znacznym stopniu d o p ł y w y, mierzyłem już w tym roku temperaturę główniejszych z pośród nich. a przypuszczając możliwość związku ciepłoty w głębi jeziora z ciepłotą o k o l i c z n y c h ź r ó d e ł, mierzyłem także ich ciepłotę. Dorywczo wykonywałem wówczas także obserwacye meteorologiczne.

Rozpatrywanie zebranego materyału — dość skąpego jeszcze — doprowadziło mię do następujacych trzech wniosków, zrazu domyślnych:

a) że na temperaturę głębszych warstw wody jeziora wpływają przedewszystkiem temperatury jego d o p ł y w ó w;

b) że w tej samej głębokości. ale na różnych punktach jeziora równoczesna ciepłota n i e j e s t d o k ł a d n i e j e d n a k o w ą. a wreszcie

Digitized by Google

c) że na tej samej linii pionowej istnieje w niewielkiej głębokości (8—15 metrów) punkt maximum chyżości, z jaką wzdłuż tego pionu zmienia się ciepłota.

Żadnego z tych trzech wniosków nie przewidywałem z góry. Pomiary, które wykonałem w następnych latach, oraz pomiary obce, przekonały mię o ich prawdziwości, a dzisiaj nie waham się uważać je za rzeczywiste fakta przyrody. Wydaje mi się najwłaściwszem przedstawić rzecz całą w tym porządku, jak mnie samemu te objawy się odsłaniały, a następnie ze sobą wzajemnie się kojarzyły.

Punkt *(c)* uważałem za dowiedziony już w r. 1890., skoro sprawdzał się co do dwóch jezior w tym roku przeze mnie badanych i gdy liczby prof. Świerza znalezione w r. 1884. dla tych samych dwóch stawów, a wreszcie liczby prof. F. A. Forela, jakoteż Geistbecka dla jezior alpejskich rzecz tę w zupełności potwierdziły. Dla Rybiego i Czarnego Stawu pod Kościelcem znalazłem

	Rybie 5/VIII 1890		Czarny Staw 8/VIII 1890.	
z	τ	Δ	τ	Δ
0·0 m.	12·9° C.		13·2° C.	
		0·211		0·368
1·9	12·5		12·5	
		0·413		0·522
6·5	10·6		10·1	
		0·745		0·638
11·2	7·1		7·1	
		0·435		0·392
15·8	5·1		5·3	
		0·064		0·149
20·5	4·8		4·6	
		0·087		0·022
25·1	4·4		4·5	
		0·043		0·043
29·8	4·2		4·3	
		0·018		0·043
35·4	4·1		4·1	

gdzie z jest głębokością w metrach. t ciepłotą w stopniach Cels., zaś Δ zmianą jej na 1 metr zmiany głębokości, t. j. ilorazem

$$\frac{\tau_z - \tau_{z'}}{z' - z}.$$

Najszybszy ubytek ciepłoty zachodzi więc pomiędzy 6·5 m. a 11·2 m. i to w obu jeziorach zgodnie. Zauważmy od razu, że ten stan rzeczy odpowiadał prawie równoczesnemu rozkładowi temperatur w obu jeziorach pomiary na Czarnym Stawie były wykonane tylko o trzy dni później, niż na Rybiem.

Było dla mnie ważnem oznaczyć dokładniej ową „krytyczną“ głębokość, w której chyżość zmiany temperatur jest maximum. Daje się ona znaleźć, i to wcale dokładnie, zapomocą następującej interpolacyi.

Digitized by Google

Odejmując 1·9 od liczb pierwszej kolumny (poczynając od drugiej z tych liczb), jakoteż 12·5 od liczb drugiej kolumny, otrzymamy zestawienie

$$\begin{array}{rr} \xi = 0{\cdot}0 \text{ m.} & \eta = 0{\cdot}0 \\ 4{\cdot}6 & -1{\cdot}9 \\ 9{\cdot}3 & -5{\cdot}4 \\ 13{\cdot}9 & -7{\cdot}4, \end{array}$$

a teraz staramy się związek między η, ξ przedstawić wzorem empirycznym

$$\eta = a\xi + b\xi^2 + c\xi^3;$$

według tego jest

$$a + b\xi + c\xi^2 = \frac{\eta}{\xi},$$

skąd na wyznaczenie stałych a, b, c otrzymujemy trzy równania:

$$\begin{array}{l} a + 4{\cdot}6b + 4{\cdot}6^2c = -0{\cdot}4130 \\ a + 9{\cdot}3b + 9{\cdot}3^2c = -0{\cdot}5806 \\ a + 13{\cdot}9b + 13{\cdot}9^2c = -0{\cdot}5324, \end{array}$$

które rozwiązując znajdujemy:

$$a = -0{\cdot}0367, \qquad b = -0{\cdot}1046. \qquad c = +0{\cdot}00496.$$

Chyżość (zmienna) ubytku temperatury z głębokością jest

$$v = \frac{d\tau}{dz} = \frac{d\eta}{d\xi} = a + 2b\xi + 3c\xi^2,$$

jej maximum (lub minimum) wyznacza się z warunku

$$\frac{dv}{dz} = \frac{dv}{d\xi} = 2b + 6c\xi = 0,$$

który daje

$$\xi = -\frac{b}{3c} = \frac{0{\cdot}1046}{0{\cdot}01488} = 7{\cdot}03 \text{ m.},$$

zatem szukana głębokość będzie $7{\cdot}03 + 1{\cdot}9 = 8{\cdot}93$ m. Znajduje się nadto samo maximum (odjemne) chyżości $= -0{\cdot}772^0$, jakoteż ciepłotę w przynależnej głębokości równą $+ 8{\cdot}80^0$ C.

Postępując tak samo ze Stawem Czarnym, znajdziemy nasamprzód

$$a = -0{\cdot}2802, \qquad b = -0{\cdot}0700; \qquad c = +0{\cdot}00381,$$

podług czego obliczamy

$$\xi = -\frac{b}{3c} = \frac{0{\cdot}0700}{0{\cdot}01143} = 6{\cdot}12 \text{ m.},$$

Digitized by Google

zatem „krytyczna“ głębokość = 6·12 + 1·9 = 8·02 m. Wartość samej (maxim.) chyżości znajdujemy tutaj równą — 0·709°, a wreszcie ciepłotę warstwy „krytycznej“ + 9·04° C.

Dla tego samego jeziora znalazł prof. Świerz w r. 1884. (dnia 25. sierpnia) następujące liczby

z	t	Δ
0·0 m.	8·4	
		0·130
9·2	7·2	
		0·300
18·4	4·4	
		0·076
27·6	3·7	
		0·044
36·8	3·3	
		0·000,
46·0	3·3	

gdzie z są poprawionemi głębokościami (po odtrąceniu 8% na kurczenie się w wodzie nowego sznura), zaś Δ posiada znaczenie to samo, co poprzednio. Już z tego zestawienia widać, że maximum chyżości temperatury przypada na warstwę wody leżącą między 9·2 a 18·4 m.; należy tylko żałować, że na tej przestrzeni nie wykonano pomiarów w odstępach mniejszych. Ta jedynie okoliczność jest powodem, dla którego objaw, o którym mówimy, dla drugiego wówczas badanego jeziora (Rybie) nie uwydatnił się należycie.

Z pierwszych czterech wierszy ostatniego zestawienia otrzymujemy tak samo, jak poprzednio:

$$a = + 0{\cdot}0906, \qquad b = - 0{\cdot}0313, \qquad c = + 0{\cdot}00079,$$

skąd znajdujemy głębokość warstwy „krytycznej“ = 13·2 m. z przynależną ciepłotą 6·0 C., oraz maximum chyżości zmiany ciepłoty — 0·323. Rezultat ten jest mniej dokładny od poprzednich z powodu, że właśnie w pobliżu głębokości „krytycznej“ pomiaru nie wykonano.

Pomiary Dra Grissingera wykonane w lecie r. 1886. (ogłoszone dopiero w r. 1893.) pozwalają skonstatować ten sam objaw. W jeziorze Rybiem znaleziono

z	τ
1 m.	11·2°
2	11·0
3	10·8
4	10·7
5	10·6
10	8·1
20	5·5
30	4·6
37·5	4·6

Digitized by Google

skąd widać, że najszybszy ubytek ciepłoty zachodzi w pobliżu 10 m. I tutaj należy żałować, że na przestrzeni 15-metrowej, między 5 m. a 20 m. tylko jeden pomiar (dla $z = 10$ m.) został wykonany. Cztery daty

2 m.	11·0°
5	10·6
10	8·1
20	5·5

dają sposobem kilkakroć tutaj już użytym najpierw:

$$a = + 0{\cdot}0685, \qquad b = - 0{\cdot}0753, \qquad c = + 0{\cdot}00268,$$

a następnie głębokość „krytycznej" warstwy 11·36 m. z przynależną ciepłotą 7·23° C., jakoteż maximum chyżości ciepłoty $= - 0{\cdot}637°$ C.

Nie będzie zbytecznem okazać istnienie tego samego objawu chociażby co do jednego z jezior alpejskich. Badanie jeziora d'Annecy przez prof. F. A. Forela w dniu 13. sierpnia 1880. r. doprowadziło do następujących wyników liczbowych: [1])

z	τ
0	18·8°C.
10	18·3
20	10·3
30	6·7
40	6·0
50	5·5
60	5·0

I tutaj należy żałować, że pomiędzy 10 m. a 30 m. był wykonany tylko jeden jedyny pomiar ($z = 20$ m.), jeżeli zwrócimy uwagę na bardzo znaczny ubytek ciepłoty 11·6° ($= 18{\cdot}3 - 6{\cdot}7$) na tej przestrzeni. Z pierwszych czterech wierszy obliczam zwykłym sposobem głębokość warstwy „krytycznej" 16·3 m. z przynależną ciepłotą 13·4°, maximum chyżości $= - 0{\cdot}859°$. Jeżeli zważymy, że to jezioro (jakoteż reszta alpejskich) podlega całkiem odmiennym warunkom meteorologicznym, aniżeli jeziora tatrzańskie, to niepodobna wątpić, że objaw, o którym mówimy, będzie wspólny wszystkim jeziorom strefy umiarkowanej.

W następującym rozdziale zestawiam wszystkie głębokości „krytyczne" $= K$ jezior tatrzańskich, jakie dotąd dały się obliczyć. Tam

[1]) F. A. Forel: Dragages zoologiques et sondages thermométriques dans les lacs de Savoie (Compt. rend. des séances de l'Acad. des Sciences. Tome 97, pour 1883, pag. 859).

Digitized by Google

zastanowimy się również nad zmiennością liczby K w przeciągu roku. Obecnie ograniczam się tylko do następujących dwóch uwag:

1. Wprowadzenie liczby K dostarcza nam środka bardzo odpowiedniego do scharakteryzowania termicznego ustroju jeziora przynajmniej w mniejszych jego głębokościach.

2. Ilość K daje się obliczyć niezależnie od błędu zera różnych termometrów używanych przez rozmaitych obserwatorów (z powodu, że do rachunku nie wchodzą same temperatury, ale tylko ich różnice).

W r. 1891. zwiedziłem Jezioro Rybie dwukrotnie: w marcu i sierpniu. Pomiary ciepłoty wykonałem w obu razach termometrem minimum-maximum systemu Sixa i Caselli'ego, dzielonym na $\frac{1}{10}^0$ C., a wykonanym w pracowni Dra Houdeka w Pradze czeskiej. Narzędzie to było znacznie dokładniejszem od termometru używanego w roku poprzednim. Błąd zera na obu jego podziałkach został z wszelką starannością oznaczony; przy należytej wprawie można było tym termometrem oceniać jeszcze $\frac{1}{20}$ część stopnia. Wykonałem nim 70 obserwacyi, poczem termometr się stłukł.

Prócz termometrów i hypsometru zaopatrzyłem się teraz także w przyrząd służący do zdejmowania (przybliżonego) kątów w płaszczyznie poziomej (bussola Kraffta z dyoptrą i pryzmatem o całkowitej refleksyi, pozwalająca odczytać pół stopnia, a przy wprawie ocenić $\frac{1}{4}^0$). Przeznaczeniem narzędzia było umożliwić obserwatorowi siedzącemu na tratwie podanie miejsca na jeziorze, w którem sondowanie termometryczne się odbywało. Brzegi i całe otoczenie tak Rybiego, jakoteż innych jezior tatrzańskich przedstawiają w rozmaitych miejscach tyle łudzącego podobieństwa, że nigdy niepodobna (znajdującemu się na tratwie) zoryentować się, czy stanowisko tratwy jest tem samem, lub odmiennem od stanowiska poprzedniego. Brak wydatnych przedmiotów, wyróżniających się należycie od podobnych do siebie żlebów, względnie zatok i załomów, jest główną tego przyczyną. Dość powiedzieć, że w całem otoczeniu jeziora zdołałem wówczas znaleźć tylko trzy przedmioty, które dały się użyć jako „miry", a to

1. Węgieł zachodni schroniska im. Staszica (nb. całego, t. j. starego wraz z nowem).

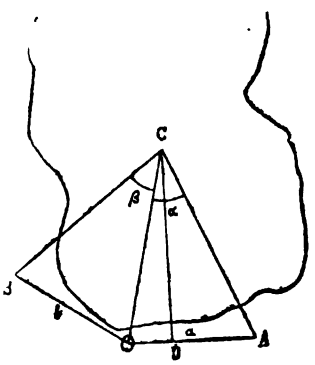
2. Węgieł wschodni tego samego schroniska.

3. Maszt flagi węgierskiej zatknięty przy „koszarze" zbudowanym po prawym brzegu Potoku Rybiego, a służącym za mieszkanie żandarmeryi węgierskiej (koszar ten spłonął w późnej jesieni r. 1891.).

Oznaczanie miejsca, o którem przed chwilą wspomniałem, miało się wykonywać w następujący sposób. (Ryc. 2 str. 289). Jeżeli O jest wschodnim węgłem schroniska, A zachodnim, B trzecią mirą

Digitized by Google

(naszt flagi), C stanowiskiem tratwy, na której znajduje się obserwator z termometrami i kątomierzem Kraffta, to — jak łatwo zobaczyć — pomiar dwóch kątów $ACO = \alpha$ i $BCO = \beta$ wystarczy, ażeby oznaczywszy raz na zawsze długości $AO = a$, $BO = b$, oraz kąt $AOB = \theta$, módz łatwym rachunkiem obliczyć współrzędne prostokątne punktu C. Biorąc początek współrzędnych w punkcie O, linię OA za oś $x^{ów}$ i prowadząc CD prostopadle do OA, będzie $OD = x$, $DC = y$, a prosty wywód geometryczny prowadzi do następujących wzorów:



Ryc. 2.

$$\psi = \alpha + \beta + \theta,$$

$$u = \frac{ab \sin \psi}{\sqrt{a^2 \sin^2 \beta + b^2 \sin^2 \alpha + 2ab \sin \alpha \sin \beta \cos \psi}},$$

$$\sin \alpha' = \frac{u \sin \alpha}{a}, \qquad \gamma = 180^0 - (\alpha + \alpha'),$$

$$x = u \cos \gamma, \qquad y = u \sin \gamma.$$

Tutaj $u = OC$ jest ilością pomocniczą, tak samo jak kąty ψ i $\alpha' = \sphericalangle CAO$. Długość a została znaleziona bezpośrednim pomiarem taśmą metryczną, kąt θ kątomierzem (celując z punktu O do A i do B), długość b trygonometrycznie z powodu przeszkód (Potok Rybi, zarośla) jakie między O i B się znajdują. Długości x, y należy w końcu przenieść na kartę jeziora sporządzoną przez Dziewulskiego.

Pomimo, że takie „oznaczanie miejsca“ mogłem wśród moich prac tak w r. 1891. jakoteż następnych tylko wyjątkowo zastosować, wspominam tutaj i o niem, przypuszczając, że jeżeliby kiedy zachodziła potrzeba ściślejszego podania stanowiska na jeziorze, sposób ten da się użyć korzystnie z powodu swojej prostoty.

Jezioro było badane jedynie na czterech rozmaitych pionach (pomiary A, B, C, D z r. 1891.).

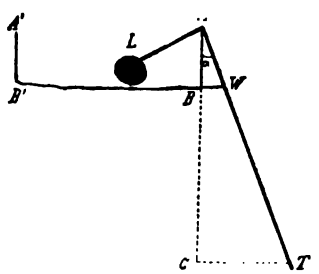
Fatalna niepogoda nie zezwoliła mi w r. 1891. na wykonanie planu zamierzonej pracy w tej rozciągłości, jak sobie to byłem założył, a to pomimo czterodniowego pobytu mego przy jeziorze.

Wogóle chcąc tratwę utrzymać ile możności stale na jednem i tem samem stanowisku, potrzeba nieustannego mocowania się z falami jeziora, które — nawet przy słabym wietrze — popychają tratwę z szybkością zadziwiającą, sznur pionowo zapuszczony do pewnej głębokości

Digitized by Google

ukośnie odchylają, tratwa wlokąc pod wodą termometr w kierunku swego ruchu, podnosi go do wyższych warstw wodnych z powodu, że narzędzie nie może nadążyć za tratwą. Wyciągnięty następnie, chociażby po dłuższem wyczekiwaniu, termometr nie mógł oczywiście dać ciepłoty odpowiadającej miejscu i głębokości na sznurze odczytanej [1]).

Gdy jezioro było niespokojne tak, iż mimo ustawicznej pracy ludzi wiosłujących nie dawało się tratwy utrzymać na jednem miejscu, sznur z termometrem zapuszczony pionowo już po bardzo krótkim czasie przybierał kierunek ukośny. Zawsze starałem się, zapomocą odpowiednich manewrów tratwą, sprowadzić sondę do kierunku pionowego, niezawsze jednak się to powiodło. W takim razie bezowocne, a dłuższy czas trwające wysiłki przerywałem, mierząc w przybliżeniu odchylenie α ukośnej linki od pionu, wyciągając termometr T z wody i odczytując temperaturę τ na nim. Jeżeli długość zmaczanego we wodzie sznura WT (od węzła W licząc) była $= z'$, kąt $TAC = \alpha$, to rzeczywista głębokość $BC = z$, w której termometr znajdował się pod powierzchnią wody, była widocznie



Ryc. 8.

$$z = z' \cos \alpha ,$$

a tej to głębokości z odpowiadała odczytana temperatura τ. Kąt α oznaczałem sposobem bardzo prostym. Na figurze obocznej przedstawia linia łamana $AB\,B'A'$ tratwę, BB' jej pomost, AB słupek jej poręczy, wysoki bardzo blizko na 1 metr (przy Rybiem); przez samą poręcz A była właśnie przerzuconą lina $LAWT$, ciężarem termometru od A mocno wyprężona. Węzeł kolorowy W spoczywał na powierzchni wody. Taśmą centymetrową mierzyłem długość BW (kilka, najwyżej kilkanaście cm.), a to pozwalało po powrocie do domu oznaczyć kąt α ze wzoru

$$tang\ \alpha = \frac{BW}{AB} ,$$

poczem z wiadomych z' i α obliczyć prawdziwą głębokość z.

[1]) Dawał ciepłotę odpowiadającą głębokości z nieco mniejszej od głębokości z' na sznurze bezpośrednio odczytanej. Zrazu odrzucałem takie oznaczenia jako niedość bezpieczne, pomimo że termometr pozostawał kilkakrotnie po 25 minut w głębinie wody właśnie skutkiem dłuższych a bezowocnych wysiłków, aby sznur do pionu doprowadzić. Wkrótce spostrzegłem, że stratę czasu i mozołu stąd wynikłą można sobie choć w części powetować obmyśleniem środka, któryby odczytaną temperaturę pozwolił odnieść do prawdziwej głębokości z termometru dającej się obliczyć z z' i kąta, jaki

Digitized by Google

Największy wszelako kłopot sprawiały sondowania „płytkie“ (tj. w głębokościach 2—5 metrów) wykonywane w dniach zimnych, albo też bardzo wczesnym rankiem w dniach zresztą ciepłych i pogodnych. Wówczas ciepłota wody na powierzchni jest wyższą od ciepłoty powietrza, ciepłota wody w małej głębokości jak zwykle nieco niższą od ciepłoty jej na powierzchni. Wytrzymany przez kilkanaście minut pod wodą termometr minimum systemu Sixa (z alkoholem jako substancyą ciepłomierniczą, krótkim słupkiem rtęci, oraz indeksem stalowym) musiał — w takich warunkach meteorologicznych — być odczytywanym po wyciągnięciu, z zachowaniem szczególniejszych ostrożności, żeby odczytać właściwą temperaturę wody, nie zaś niższą od niej ciepłotę powietrza.

Zauważę, że wykonywanie „płytkich“ pomiarów stanowiło — zwłaszcza w latach 1892. i 1893. — samoistną część programu moich zajęć przy Rybiem i niezależną od zwykłych szeregów obserwacyjnych, poczynających się małemi, a kończących się wielkiemi głębokościami. Miały one na celu wyśledzenie, do jakiej głębokości sięgają dzienne zmiany temperatury, a takich płytkich pomiarów w samym roku 1893. wykonałem trzydzieści. Szczegóły o nich podam w następujących ustępach.

Kilka pomiarów wykonałem umyślnie nie w innym celu, jak tylko dla rozpoznania, jak też długim jest czas potrzebny, aby termometr minimum przybrał ostatecznie stałą temperaturę swego otoczenia. Dla różnych termometrów, których (z powodu kolejnego ich tłuczenia się) używałem w ciągu swych robót, czas ten znajdowałem nieco różny, od 6-ciu do 15-tu minut. Okazało się między innemi, że gdy termometr odbył już kilka zanurzeń do głębszych (zimniejszych) warstw wody, to czas ostatnich ponurzań do najgłębszych warstw potrzebował być już niedługim. Najdłuższe zanurzenie (pół godziny), jakie kiedykolwiek wykonałem, nie wywołało, przy różnicy blizko 10-metrowej dalszego pogłębienia, żadnej dającej się zmierzyć różnicy temperatury.

Termometru pod wodą nie trzymałem nigdy krócej jak 8 minut [1]), zazwyczaj 12.

W ciągu pobytu swego tak przy Rybiem, jakoteż innych jezio-

---

górna część ukośnej linki z pionem zamyka. W ten sposób postąpiłem zresztą tylko przy pięciu pojedynczych sondowaniach.

[1]) Tak r. 1893. w pojedynczych razach, gdy z innych racyi dłuższa ekspozycya była niemożebną. Wielki termometr minimum (Rohrbeck Nr. 1) z podziałką dającą $\frac{1}{10}^0$ C., którym pracowałem w tym roku, był tak osadzonym w łożysku metalowem, że każdym razem wyciągała się wraz z nim w łożysku „próbka“ wody z tej głębokości, do której był zapuszczonym.

Digitized by Google

rach wykonywałem w r. 1891., jak i w poprzednim, dorywczo obserwacye meteorologiczne (termometr, hypsometr), zmierzyłem barometrycznie kilka wzniesień, między innemi także kilku charakterystycznych punktów przedniej moreny.

Zebrany w r. 1891. materyał obserwacyjny, rozpatrzony następnie, potwierdził zeszłoroczne moje domyślne wnioski *(a)*, zwłaszcza zaś *(b)* tak, iż mogłem już wówczas jasno sformułować zdanie, że powierzchnie isotermiczne Jeziora Rybiego nie są płaszczyznami poziomemi, ale powierzchniami krzywemi, których postać i odchylenie od poziomu pozostaje w jakimś związku z położeniem ujścia dopływów na brzegach jeziora i z ich ciepłotą.

Co się tyczy jakości krzywienia się powierzchni isotermicznych, to na razie nie zdołałem dojść do jaśniejszych konkluzyj, gdyż — z powodów wielorakich — mogłem w tym roku wykonać termometryczne sondowania tylko w czterech rozmaitych punktach jeziora, przyczem zawsze jeszcze determinacya miejsca wielkie trudności mi sprawiała. Potrzeba było bliższe badanie tego ciekawego zjawiska zostawić do roku następnego.

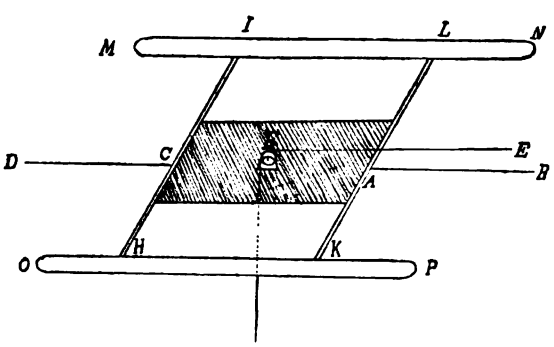
W roku 1892 bawiłem przy Rybiem dni dwanaście. Stłuczony w roku ubiegłym termometr minimum zastąpiłem obecnie termometrem minimum, pochodzącym z firmy Alt, Eberhardt und Jäger w Ilmenau (Alt Nr. 29) z podziałką $\frac{1}{5}$° C, dozwalającą wygodnie oceniać jeszcze połowę tej wielkości. Termometr był systemu kapilarnego; jako materyę ciepłomierniczą zawierał fenol, który wskazówkę szklaną posuwał swym meniskiem bez pośrednictwa rtęci. Punkt zera tego termometru był dwukrotnie badany; nadto wykonałem szereg jego porównań z wielkim termometrem Houdek 146, a w ciągu pobytu swego w Tatrach z termometrem Kappeller Nr. 18, który tam służył do meteorologicznych obserwacyj. Ażeby być swobodniejszym w wykonywaniu pomiarów hydrotermicznych, którym chciałem całą swą uwagę poświęcić, i nie krępować się koniecznem przestrzeganiem terminów właściwych spostrzeżeń meteorologicznych, zabrałem ze sobą w tym roku termometr samopiszący systemu Richard frères, o czem już poprzednio była mowa (zob. rozdział 1szy), jakoteż kilka innych drobniejszych narzędzi (hypsometr, bussola kątomiernicza Krafft'a itd.). Nadto powiększyłem „inwentarz“ narzędzi w tym roku jeszcze jednym sprzętem: „tratewką“ Fugger'a o której już poprzednio wspomniałem. Lubo obiecywane z tego narzędzia korzyści w zastosowaniu praktycznem bardzo zmalały na terytoryum tatrzańskiem, to jednak zawsze zawdzięczam mu zdobycie kilkunastu ważnych liczb termometrycznych, któ-

Digitized by Google

rych niepodobna byłoby w inny sposób otrzymać. Z tego powodu podaję jak najkrócej budowę sprzętu, jego przeznaczenie, a wreszcie i sposób użycia.

Było to moją ustawiczną troską, że dla braku tratew lub czółen na jeziorach tatrzańskich wyżej położonych, należało systematyczne badania ograniczyć do dwóch tylko jezior (Rybie, Czarny Staw pod Kościelcem) leżących na średnich wzniesieniach (1400—1620 m.). Niżej położone jeziora w Tatrach polskich, jak Stawy Toporowe, Stawek Smreczyński w Dolinie Kościeliskiej, płytkie i moczarowate, a więc zbliżające się pod względem swej termiki do jezior nizinnych, nie budziły interesu naukowego. Dla ich badania termicznego, czy też biologicznego, bardzo łatwo postarać się na miejscu o zbudowanie tratwy, gdyż leżą one jeszcze bardzo dobrze wśród zasięgu leśnego. To, co tutaj jest drobnostką, staje się dla jezior tak wysoko położonych, jak Zadni Staw pod Świnnicą, lub Zmarzły Staw pod Zawratem, wielką trudnością, nawet wobec znaczniejszych ofiar materyalnych.

Wyczytawszy w pracy p. E. Fugger'a, Salzburg's Seen (Separatabdruck aus den Mittheilungen der Geselschaft für Salzburger Landeskunde, Bd. XXX, Salzburg 1890), wiadomość o bardzo prostym i ciekawym przyrządzie umożebniającym zwykłe sondowania mniejszych jezior bez pomocy tratwy, postanowiłem wypróbować jego użyteczność, aby go następnie ewent. zastosować do termometrycznych sondowań niedostępniejszych jezior w Tatrach. Zachęcały mię do tego pomyślne rezultaty, jakie E. Fugger wspólnie z prof. C. Kastner'em osiągnął był na siedmiu jeziorach salcburskich. Zbudowany według wskazówek i rycin Fugger'a przyrząd, okazał się, po wprowadzeniu kilku drobnych zmian, wcale praktyczny, o ile można było wnosić z prób dokonanych na stawie nizinnym średniej wielkości i głębokości.

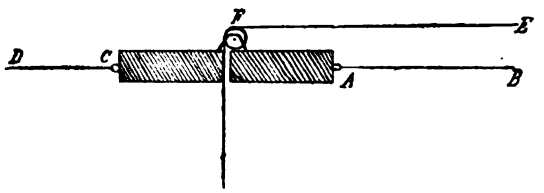


Ryc. 4.

Urządzenie przyrządu („tratewki") jest następujące. *CA* jest deską prostokątną 29 cm. długości, 20 cm. szerokości, a 2·5 cm. grubości; w jej środku *F* znajduje się otwór, a ponad nim umieszczony jest bloczek mosiężny wraz z jarzemkiem, które nie pozwala sznurkowi przechodzącemu przez blo-

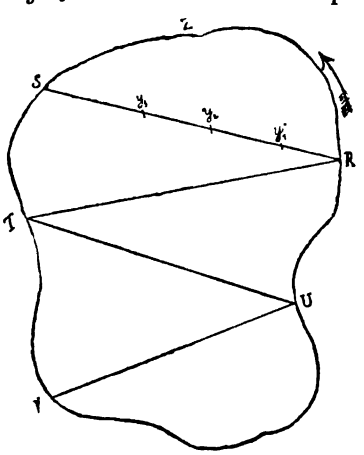
Digitized by Google

czek opuścić swego rowka. Po obu węższych bokach deski są przytwierdzone drewniane listwy *HJ* i *KL* długości 71 cm., szerokości 3 cm. a 3·5 cm. wysokości i to w ten sposób, że wystają one jednako poza deskę. Na obydwa wolne końce tych listew dają się nasadzić i zaklinować dwa drewniane kręglaki *MN* i *OP*



Ryc. 5.

długości 1·5 m., a 8 cm. średnicy, które w każdej chwili dają się odjąć od całości (np. dla wygody podczas transportu). Do środków obu listw przywiązują się w puntach *A* i *C* dwa długie sznury *AB* i *CD*, które służą do manewrowania tratewką pływającą na powierzchni jeziora. Przez rowek bloczka *F* popod jarzemko przechodzi trzeci sznur, znacznie cieńszy od tamtych dwóch, wchodzi w otwór deseczki, a na końcu swym dźwiga ciężar używany przy sondowaniu, względnie pudło z termometrem minimum. Obydwa sznury *AB* i *CD* służą, jak się powiedziało, do poruszania dowolnego tratewką po wodzie i unieruchomienia jej na pewnem żądanem stanowisku jeziora; są więc one sznurami do napinania służącymi, trzeci zaś sznur *EFG* służy do właściwego oznaczania głębokości. Jest on pomalowany farbą olejną biało i czerwono naprzemian co metr długości, każdy zaś co dziesiąty metr czarno. Każdy z grubych sznurów posiadał (w moim przyrządzie) 400 metrów długości i mógł być z obu stron jeszcze nadsztukowanym zwykłym mocnym szpagatem, o długości znowu 400 m. Cienki sznur mierniczy *E F G* posiadał długość 450 m.



Ryc. 6.

Jeżeli zapomocą takiej „tratewki“ mamy wykonać sondowanie termometryczne. to potrzeba do tego najlepiej trzech osób: po jednej do każdego z trzech sznurów. Obrawszy na brzegu jeziora punkt *R* spuszcza się stąd tratewkę na wodę. Pomocnik *A* bierze sznur *CD* (nawinięty na drewniany kołowrot) i odwijając go, postępuje brzegiem aż do umówionego przedtem punktu *S*, gdzie na dany z punktu *R* znak ma się zatrzymać. Przy moich czynnościach ruszali zawsze dwaj ludzie *A* i *B* w drogę od *R* do *S*.

Digitized by Google

W punkcie *S* przewodnik napina gruby sznur, to samo czynią pracownicy *P*, *Q* którzy w *R* pozostali, a obserwator odczytuje przedewszystkiem azymut sznura *RS* zapomocą busoli. Następnie *A* ciągnie sznur *CD*, zaś *P* i *Q* znajdujący się w *R* popuszczają obydwa sznury *AB* i *EF*, skutkiem czego tratewka rusza na wodę. Osoba *Q* pilnuje wyłącznie sznura mierniczego *EF*; gdy przez jej rękę przeszło np. 50 m. sznura kolorowego, podczas gdy skutkiem statecznego napinania sznura *EF* blaszane pudło z termometrem ciągle znajduje się bezpośrednio pod deseczką, daje się sygnał spoczynku. *A* i *P* napinają obydwa grube sznury, zaś *Q* puszczając z lekka sznur *EF* pozwala termometrowi opaść do żądanej głębokości, którą na sznurze barwnym głośno odlicza. *P* słuchający tego liczenia zabezpiecza mię przed omyłką możliwą w takich razach, gdy człowiek na kilka stron naraz oko i ucho musi mieć otwarte. Zresztą wyciągając napowrót sznur *EF* (po należytem wytrzymaniu termometru pod wodą) liczyło się powtórnie tę samą głębokość dla kontroli.

Na dany sygnał z *R* pomocnicy *A* i *B* znajdujący się w *S* popuszczają sznura, *P* ciągnie swój sznur ku *R*, a równocześnie *Q* napina cienki sznur *EF*, zmuszając pudło z termometrem do ciągłego stykania się z dolną powierzchnią deseczki. Tratewka podpływa do *R;* tutaj otwiera się pudło, termometr się odczytuje i przysposabia się go natychmiast do następnego pomiaru [1]). Drugi sygnał dany z *R* do *S* wskazuje pomocnikom *A* i *B*, że mają sznur *CD* ku sobie pociągać, tym razem np. o 100 metrów od *R* ku *S*, co odczytuje się znowu na kolorowym sznurze *EF*, a zresztą postępuje się jak poprzednio. Tak samo można tratewkę kolejno sprowadzać na stanowiska Y_1, Y_2, Y_3 ... coraz bliżej punktu *S* leżące, poczem za pociąganiem sznurów *AB*, *EF*, a równoczesnem zwalnianiem sznura *CD*, sprowadzić można tratewkę napowrót do *R*.

Nowy sygnał, a pomocnicy *AB* poczynają ze sznurem *CD* lekko napiętym postępować dalej wzdłuż brzegu do nowego punktu *T*, sznur ten w razie potrzeby po drodze odwijając, a względnie szpagatem sztukując. Tutaj się zatrzymują; lina zostaje po obu stronach napiętą, azymut jej nowego kierunku (tj. *RT*) z punktu *R* zmierzonym, a tratewka na wodę spuszczoną. Wzdłuż *RT* można teraz, jak poprzednio,

[1]) Termometr minimum Alt Nr. 29, którego używałem w r. 1892, musiał znajdować się w pozycyi leżącej, w przeciwnym bowiem razie indeks szklany opadał własnym ciężarem. Przysposobienie go do następnego pomiaru polegało po prostu na pochyleniu termometru, razem z pudłem, naczyńkiem do góry tak, że indeks wśród cieczy opadł aż do zetknięcia się z meniskiem cieczy. Do osadzenia termometru w dziurkowatem pudle, służyło łożysko blaszane wyścielone kauczukiem.

Digitized by Google

wykonać znowu szereg sondowań termometrycznych, co ukończywszy, przenoszą się osoby P i Q z punktu R na nowe stanowisko U, zabierając tratewkę ze sobą, ażeby stąd teraz wzdłuż kierunku UT dalsze pomiary wykonywać tak, iż wreszcie możnaby w ten sposób przejść z pomiarem gzygzakowato całe jezioro, jeżeli tylko brzegi jego nie są zbyt strome, a szerokość jego nienazbyt wielką.

Tak wygląda rzecz w teoryi — łatwo i ponętnie. Zapewne, że do sondowań samych tylko głębokości (do czego Fugger wyłącznie też używał przyrządu, nie zajmując się wcale pomiarami ciepłoty wód), dla jezior nizinnych albo powabnych i gościnnych jezior salcburgskich, których wzniesienie tylko wyjątkowo przenosi 1000 m., przyrząd Fuggera może oddawać dobre i szybkie usługi. Że dla jezior tatrzańskich sprawa ma się odmiennie, zwłaszcza wówczas, gdy chodzi o termometryczne sondowania, zaznaczyłem już poprzednio. Prócz trudów połączonych z pochodem po dzikiem pobrzeżu (jak np. przy Stawie pod Rysami wzdłuż stóp Turni Mięguszowieckiej), z ustawicznem wyplątywaniem sznura pomiędzy kupami złomisk granitowych i całej stąd wynikłej mitręgi czasu, dalszą stratą czasu jest okoliczność, że po każdem zapuszczeniu termometru pod wodę, wytrzymaniu go tam przez jakie 10 minut, potrzeba było za każdym razem całą tratewkę wraz z termometrem, sznurem do brzegu przyciągać, ażeby jednę i to kosztowną liczbę na termometrze odczytać. Pomijam już utrudnienia przypadkowe, jakiemi w r. 1892 były np. pola śnieżne, zalegające miejscami pobrzeże wyższych jezior.

Wobec tego co przytoczyłem, nie zadziwi to nikogo, że mój plon obserwacyjny zebrany zapomocą zmyślnego przyrządu Fuggera był nader skromny. Otrzymałem tą metodą wszystkiego kilkanaście liczb odnoszących się do Stawów: Przedniego, Zadniego i Zmarzłego. Pomimo szczupłości tego zbioru, liczby dla jednego z nich okazały się tak interesującemi, że pouczenie, jakiego dostarczyły, opłaciło mi sowicie trud wyłożony na ich otrzymanie.

O przyrządzie Fuggera musiałem tu wspomnieć, chociażby dlatego, ażeby wytłomaczyć genezę znalezionych liczb termometrycznych u jezior niedostępniejszych, a skutkiem tego nie posiadających tratwy. Zresztą sam przyrząd jest u nas, zdaje się, mało znany [1], a przecież

[1]) Pierwszeństwo pomysłu takiej tratewki należy się Fryderykowi Fuchsowi, który na 30 blizko lat przed Fuggerem proponował takie narzędzie w celu sondowań głębokich jezior i to właśnie tatrzańskich (Fuchs: Die Central-Karpathen mit den nächsten Voralpen, Pest 1863, str. 34—37; por. także Dezső: Die Meeraugen der Hohen Tatra, Jahrb. d. ung. Karp. Ver., Bd. III, Kesmark 1876, pag. 27). Zdaje się, że Fuchs robił w Tatrach próby z tem narzędziem; przynajmniej wzmianka

Digitized by Google

będzie on, pomimo pewnej nieporęczności, jedynym zapewne środkiem, jakiego należałoby się chwycić, gdyby kiedykolwiek wysokie jeziora tatrzańskie miały być dalej badane pod względem termicznym.

Inne czynności, którym się oddawałem podczas pobytu swego w r. 1892. przy jeziorach tatrzańskich, były:

a) sondowania termometryczne wzdłuż „osi" Rybiego, specyalnie wykonane w celu poznania krzywienia się powierzchni isotermicznych w kierunku najdłuższej cięciwy jego konturu;

b) pierwszy dłuższy szereg t. z. „płytkich" albo jednowęzłowych sondowań, wykonanych w różnych miejscach jeziora;

c) dochodziłem bliżej drobnych różnic ciepłoty wody na powierzchni jeziora w różnych miejscach;

d) mierzyłem, jak zwykle, ciepłoty dopływów, okolicznych źródeł, spadłej deszczówki, odczytywałem wodoskaz i wykonałem znaczniejszą ilość pomiarów hypsometrycznych.

Wielorakość tych czynności sprawiła, że nie w każdym kierunku zdołałem osiągnąć wyniki całkiem zaspakajające, pomimo, że do tych prac miałem pomoc rozsądnego i obrotnego służącego. Nawet we dwóch, niepodobna było równocześnie robić wszystkiego, być tu i tam; zajmując się jednem, traciło się z oczu rzecz inną. Jedna część programu: pomiar wysokości, na której rozlegają się pola śnieżne w otoczeniu Rybiego (na zboczach Mięguszowieckiej Turni, Rysów i Żabiego), przybliżony pomiar ich powierzchni, względnie objętości, jakoteż bardzo ponętna kwestya prawdopodobnej ruchomości tych utworów częścią zlodowaciałych, musiała niestety pozostać niewykonaną.

Podobne czynności były wykonywane i co do innych jezior tatrzańskich, lubo na skalę znacznie mniejszą. Pobyt swój w górach musiałem zresztą wówczas skrócić wskutek stłuczenia się termometru minimum (25. lipca 1892. r.).

Zebrany materyał pozwolił m. i. wniknąć lepiej w ciemną jeszcze dla mnie kwestyę jakości ułożenia powierzchni isotermicznych Jeziora Rybiego, przynajmniej wzdłuż głównego kierunku jego basenu i po raz pierwszy doprowadził mię do wniosku, że cała mechanika tego jeziora (więc bardzo prawdopodobnie także i innych jezior tatrzańskich), polega na nieustannej czynności prądów podwodnych, poziomych, pochyłych, a wreszcie, stosownie do pory roku, pionowych. Pośrednio stwierdziłem również zmienną grę prądów nawet

---

jego o wycinaniu kosówki po brzegach, o wielkich przybrzeżnych złomach skalnych „wo mehrere Leute allein zum Losmachen der sich jeden Augenblick daswischen verfangenen Leine erforderlich sind..." zdają się na to wskazywać.

Digitized by Google

w przeciągu doby występującą, przekonawszy się, że środek jeziora (na powierzchni) jest za dnia chłodniejszy, nocą cieplejszy od wody brzegi jego oblewającej, co już samo przez się wystarcza do wywołania płytkich i powierzchownych prądów. Nie przypuszczałem wówczas, że prądy takie, przynajmniej górne, dadzą się w pewnych warunkach okiem dojrzeć, a nawet w ogólnych konturach odrysować, jak się o tem w następnym roku przekonałem (zob. ustęp poniższy).

Pomiary i badania w r. 1893.

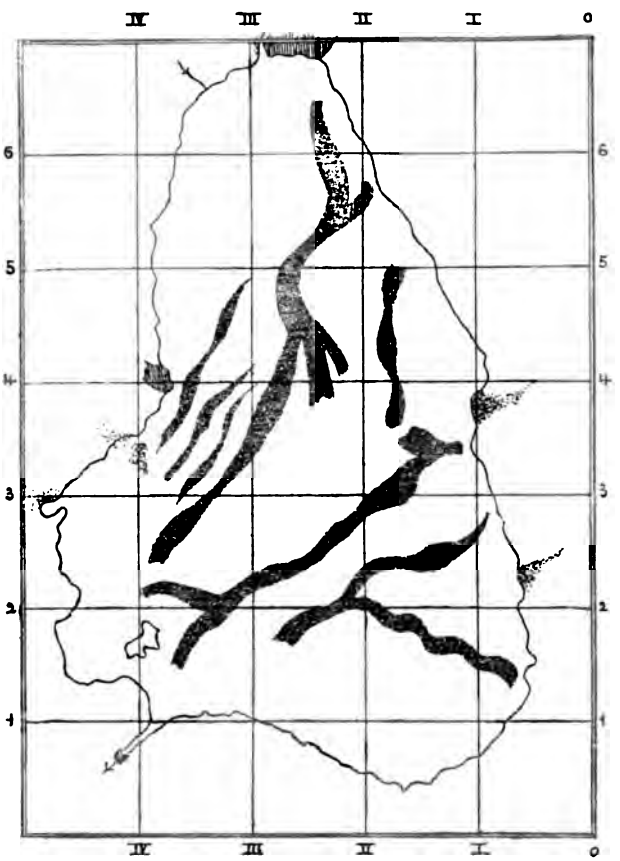
W lipcu i sierpniu 1893 r. bawiłem przy Rybiem i sąsiednim mu Stawie (Czarnym) pod Rysami dni jedenaście. Program zajęć moich był podobnym do przeszłorocznego. Raz przekonany o głównej roli prądów w całej mechanice jeziora, szukałem jakichś praktycznych środków, któreby pozwoliły mierzyć tak wierzchni jak i wewnętrzny ruch wody, jego kierunek i chyżość, chociażby w przybliżeniu. Urządzenia obserwacyjne, które pod tym względem nasunęły mi się na myśl, a które częściowo wykonałem, nie odpowiedziały swemu przeznaczeniu [1]). Co prawda, to że już z góry niewiele po nich oczekiwałem. Ograniczyć się musiałem ostatecznie do bardzo pierwotnego środka, który i tak więcej ambarasu niż korzyści przyniósł. Dwadzieścia kilka deseczek różnej postaci i wielkości zostało kolejno policzbowanych, a następnie sporadycznie, o chwilach zanotowanych, w miejscach na mapce oznaczonych, bądź rzutem z brzegu, bądź też z tratwy na wodę spławionych. Czas jakiś śledzono okiem ruchy kilku takich deseczek i kierunek ich ruchu w przybliżeniu na mapce zaznaczano; miało to umożebnić diagnozę tej lub owej deseczki po dłuższym przeciągu czasu, wśród którego czem innem byliśmy zajęci. Niepodobna było trawić czas na ciągłe wpatrywanie się w powolny, często jakby niezdecydowany ruch takich pływaków. Diagnoza z brzegu nie zawsze była możliwą, a mniejszych deseczek, nawet używając lornety, najczęściej nie można było dostrzedz. Dopiero krążenie tratwą po jeziorze pozwoliło później (często aż nazajutrz) trafem wyłowić jednę lub drugą

[1]) Najodpowiedniejszem jeszcze okazało się narzędzie, polegające na różnicy między ciśnieniem hydrostatycznem a hydrodynamicznem. Próby okazały, że gdyby takie narzędzie było sporządzonem jak należy przez mechanika, to mogłoby istotnie oddawać dobre usługi, a mianowicie wyznaczać tak kierunek prądu podwodnego, jak też i jego chyżość. Sprzęt, którym pierwsze próby robiłem, był jednak tylko modelem dość niedołężnie przez mego pomocnika sporządzonym.

Digitized by Google

taką liczbowaną deseczkę w miejscu, które tylko bardzo „z grubsza“ dawało się podać na mapie. Dane stąd płynące: dwa czasy i dwa miejsca mało dokładne, mało mię informowały o drodze, jaką deseczka odbyła. Kilka z nich puszczonych na środku jeziora znaleźliśmy przy brzegu; większości nie odnaleźliśmy wcale. Było dla mnie zdarzeniem najmniej spodziewanem, już pod koniec mego pobytu w górach, znaleźć w tej mierze szczególniejsze ułatwienie dostarczone przez samą przyrodę.

Dnia 31. lipca 1893 r. popołudniu, gdy bardzo drobny ale gęsty i rzęsisty deszcz skrapiał całą Dolinę Rybiego, przy ciszy zupełnej,



Rys. 7

Prądy nawodne, obserwowane na „Czarnym Stawie“ (pod Kościelcem) d. 6. sierpnia 1893 r. w czasie drobnego i rzęsistego deszczu.

dostrzegłem ze zdziwieniem, że powierzchnia jeziora, pokryta zazwyczaj jednostajnie drobnemi zmarszczkami, przedstawia teraz osobliwą

Digitized by Google

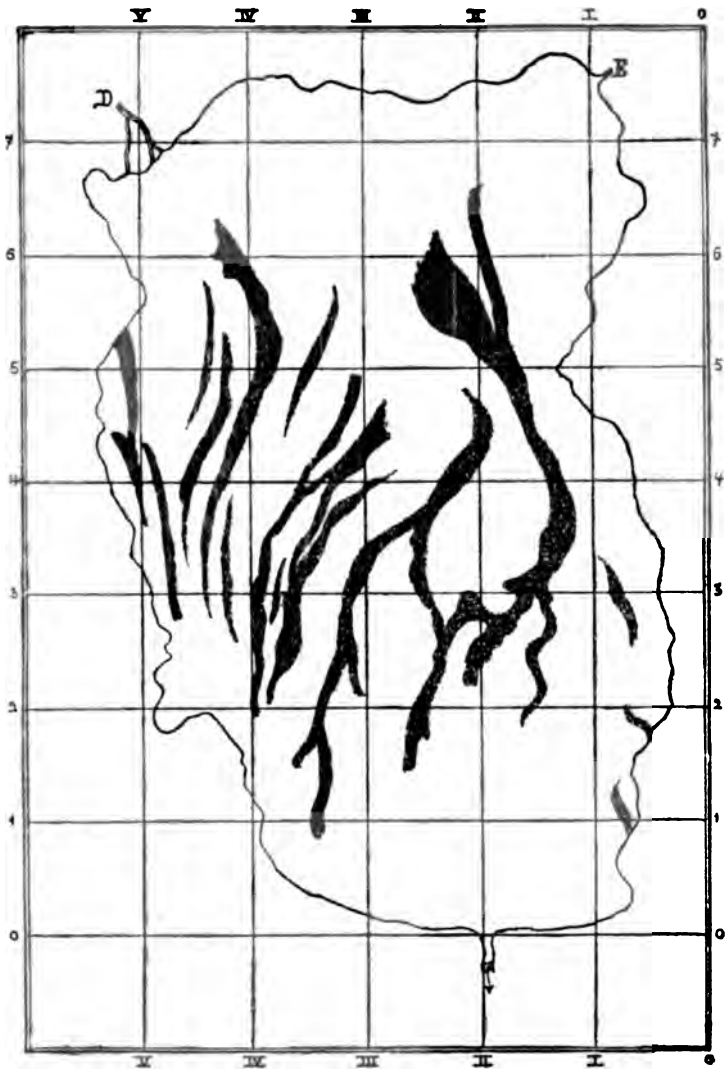
fizyognomię. Nieporównanie większa część tej powierzchni była i teraz lekko pomarszczoną, a rozproszone światło dzienne, odbijające się od tych drobnych faleczek, nadawało tym obszarom wodnym połysk jasny i migotliwy. To jasne tło było poprzerywane na wszystkie strony ciemnemi smugami bardzo różnej szerokości i nader rozmaicie powyginanemi, jak gdyby rzekami wyrysowanemi na specyalnej karcie geograficznej, z którą można było wówczas całe jezioro porównać. Postać i położenie tych ciemnych „rzek" były prawie całkiem nieruchome: dopiero po 1½ godzinnym przeciągu czasu mogłem na pewne stwierdzić mierną zmianę rysunku główniejszych z pośród nich. Niekiedy jedne z nich stawały się wyraźniejsze, inne nieco się zacierały, ale wkrótce rysunek powracał do pierwotnej swojej postaci. Działo się to zawsze wtedy, gdy rzęsistość deszczu wzmagała się, albo też słabła. W pierwszym razie, pourywane tu i owdzie czarne smugi, nie mające poprzednio żadnego wyraźnego (dla oka) związku ze sąsiedniemi bardzo trwałemi takiemi smugami, wydłużywszy się nieco w obie strony, zdradzały bardzo wyraźną łączność z owemi głównemi smugami i wytwarzały w ten sposób zamknięte koliska: ciemne ramy, wewnątrz których błyszczało jasne „pole" wodne, ustawicznym połyskiem. Robiło to wrażenie, że owe smugi czarne nie są niczem innem, jak tylko strugami wody płynącej po powierzchni jeziora i w małej pod nią głębokości. Jakoż istotnie najpotężniejsza taka smuga poczynała się (o ile widocznie dla oka) blizko tyłu jeziora pod ścianą Turni Mięguszowieckiej, zataczała łuk stroną wypukłą ku Żabiemu zwrócony, miejscami się rozdwajała, zwężała i znowu rozszerzała, a postępując ku przodowi (tj. ku schronisku) prawie całkiem już wyprostowana, zmierzała wyraźnie ku przerwie w morenie jeziora, tj. ku odpływowi. Przypominam, że obydwa główne dopływy Rybiego (od Stawu pod Rysami i od Stawu Staszica poza Mnichem) znajdują się w tyle jeziora dość symetrycznie rozłożone względem najdłuższej jego cięciwy (tj. „osi" jeziora).

Zjawisko, które oglądaliśmy z werendy schroniska (blizko 12 m. nad powierzchnią jeziora), miało cechę takiej trwałości, że jeden z widzów pokusił się o sporządzenie ołówkiem dorywczego szkicu. Rycina 8. może dać chociażby niejakie wyobrażenie o postaci tego ciekawego objawu przyrody; rycina 7. przedstawia to samo zjawisko obserwowane w kilka dni później (6/VIII. 1893.) na Stawie Czarnym pod Kościelcem, również dopiero podczas drobnego, gęstego deszczu zauważone[1]). Obydwa rysunki nie mają naturalnie żadnej pretensyi do zupełnej wierności.

[1]) Obie ryciny są już przerysem widoku w perspektywie na rzut ortometryczny.

Digitized by Google

Poleciłem podczas tego deszczu zanieść na tratwę sześć deseczek. Z nich trzy spuszczone na jasne obszary, ulegając drobnemu falowa-



Ryc. 8.

Prądy nawodne, obserwowane na „Rybiem Jeziorze" dnia 31. lipca 1893. roku w czasie drobnego i rzęsistego deszczu.

niu wody, wykonywały ruchy miejscowe, nie okazując żadnej wyraźniejszej tendencyi do ruchu postępowego; trzy inne, puszczone na ciemne smugi, sunęły dość żwawo po powierzchni jeziora i nie opu-

Digitized by Google

szczając „koryta“ smug rzeczonych, zmierzały wprost ku odpływowi. Dodam, że z tratwy oceniono szerokość smug na 8 metrów i więcej, jakoteż, że mój pomocnik wróciwszy z jeziora na brzeg, zapewnił, iż wyróżnianie smug od jasnych obszarów nie sprawiało mu z tratwy najmniejszej trudności.

Dnia 6. sierpnia 1893. r. obserwowaliśmy podobne zjawisko na Stawie Czarnym pod Kościelcem w podobnych jak tutaj warunkach. I tym razem powtórzyliśmy ową próbę z większemi trzaskami, znowu ze skutkiem jednakim. Ruch względny (postępowy) dwóch trzasek: jednej na smudze, drugiej poza smugą był tak wybitny, że pokusiłem się wówczas nawet o pomiar, co prawda tylko niedołężny, tego ruchu. Nie przewidując rzeczy, nie zabrałem z domu żadnego narzędzia, którem możnaby było w takiej rzeczy skutecznie się posłużyć; do mierzenia kątów miałem z sobą jedyne narzędzie: bussolę Krafft'a z dyoptrą i pryzmatem o zupełnej refleksyi. Osadziwszy ją stale na drewnianej poręczy werendy w okrągłym dołku, wyżłobionym na prędce w poręczy, celowałem dyoptrą naprzemian to do jednej, to znowu do drugiej deseczki, odczytywałem kąty i notowałem zaraz chwile, mając zegarek przed sobą. Oto liczby, które zdołałem uchwycić uporządkowane już według obydwóch celowanych przedmiotów:

Deseczka *A* (na tle jasnem)				Deseczka *B* (na ciemnej smudze)			
$3^h 28{\cdot}5^m$	kąt	=	$138{\cdot}5^0$	$3^h 26{\cdot}0^m$	kąt	=	$137{\cdot}0^0$
3 38·4	„	„	138·2	3 31·3	„	„	135·5
3 41·3	„	„	138·0	3 35·0	„	„	135·7
3 45·3	„	„	137·5	3 47·3	„	„	135·0
4 0·0	„	„	138·0	3 51·0	„	„	134·5
4 8·0	„	„	138·3	3 53·5	„	„	133·6
				3 56·0	„	„	132·5
				4 5·3	„	„	130·7
				4 12·5	„	„	129·5.

Azymut (magnetyczny) wierzchołka „Kopki“, znajdującej się tuż przy odpływie (niedobrze widzialnym z mego stanowiska) = 88^0.

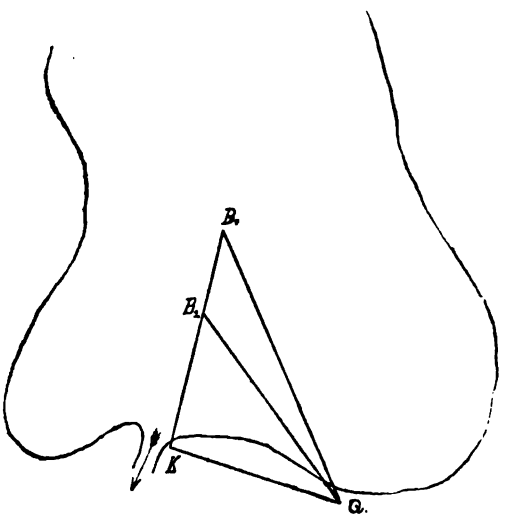
Pomimo małej dokładności kątów, na co wówczas rady nie było, widać przecie już i z tych liczb wyraźnie, że *A* w porównaniu z *B* było prawie nieruchomem. Dalsze śledzenie ruchów obydwóch pływaków utrudniła mgła, która wkrótce wypełniła całą kotlinę jeziora.

Chyżość przedmiotu *B* nie daje się z tych liczb bezpiecznie oznaczyć, gdyż odległość pływaka od mego stanowiska dała się podać tylko w przybliżeniu na 200 metrów. Lepiej znaną mi była odległość „kopki“

Digitized by Google

od mego stanowiska, a to dzięki mapce brzegów tego jeziora, którą Dziewulski sporządził[1]); wynosiła ona blizko 180 m. Te dane pozwalają w grubszem przybliżeniu oznaczyć szukaną chyżość, a to jak następuje.

Na rycinie 9-tej punkt B_1 oznacza położenie pierwsze pływaka, B_2 drugie, jakie zajmuje on na wodzie po upływie dłuższego przeciągu czasu; K jest wspomnianą „kopką“ przy odpływie, która służyła poniekąd za miarę, Q mojem stanowiskiem. Lubo wielka smuga, na której pływak B się poruszał, nie była linią prostą, to jednak z pominięciem niewielkich jej zagięć całość jej była do linii prostej zbliżoną, zwłaszcza w części jeziora z odpływem sąsiadującej. Główny kierunek smugi można więc było przyjąć za jednaki z prostą B_1B_2K, skoro smuga najwyraźniej ku odpływowi zmierzała. Biorąc punkt B_1 za pierwsze, B_2 za ostatnie (obserwowane) położenie pływaka B, mamy kąty α_1 i α_2 busolą z punktu Q zmierzone $\alpha_1 = 137{\cdot}0^0$, $\alpha_2 = 129{\cdot}5^0$, a że azymut punktu K wynosił $88{\cdot}0^0$, przeto



Ryc. 9.

$$\sphericalangle KQB_1 = (137{\cdot}0 - 88{\cdot}0) = 49{\cdot}0^0,$$
$$\sphericalangle KQB_2 = (129{\cdot}5 - 88{\cdot}0) = 41{\cdot}5^0.$$

Te kąty oznaczam krótko głoskami θ_1 i θ_2, a nadto kąt przy B_1 głoską β_1. W trójkącie KB_1Q znamy dwa boki $QK = 180$ m. (z karty Dziewulskiego). $QB_1 = 200$ m. (z ocenienia, oryentując się według tej samej karty), a nadto kąt $KQB_1 = \theta_1 = 49{\cdot}0^0$. Rozwiązując ten trójkąt, znajdujemy wartość kąta $KB_1Q = \beta_1$ równą $58{\cdot}9^0$, a rozwiązując dalej trójkąt B_1QB_2, w którym znamy bok $QB_1 = 200$ m. i dwa kąty β_1 i $B_1QB_2 = (\theta_1 - \theta_2) = 7{\cdot}5^0$, znajdujemy $B_1B_2 = 28{\cdot}5$ *m*. A że tę długość przebył pływak w czasie $(4^h\ 12{\cdot}5^m - 3^h\ 26{\cdot}0^m) = 46{\cdot}5$ minut, więc godzinna średnia jego chyżość wynosiłaby

[1]) Pamiętnik Tow. Tatrz. tom VII, Kraków 1882, str. 81.

Digitized by Google

$$\frac{28{\cdot}5 \,.\, 60}{46{\cdot}5} = 36{\cdot}8 \text{ metrów.}$$

Liczba ta, stosownie do bardzo miernej dokładności środków obserwacyjnych, może posiadać znaczenie jedynie z daleka informujące o rzeczywistych rozmiarach, jakie chyżość wierzchnich prądów na tem jeziorze może osiągać. Ponieważ główny dopływ jeziora (od Zmarzłego Stawu pod Zawratem) leży w samym tyle jego prostolinijnej odległości 570 m. od odpływu *K*, więc uwzględniając liczne krzywienia się strugi, nie oddalimy się zbytnio od prawdy, jeżeli przyjmiemy rzeczywistą jej drogę o jakie 100 m. dłuższą, a więc około 670 m. wynoszącą tak, że struga wodna na całą wędrówkę po jeziorze potrzebowałaby nieco więcej niż 18 godzin. Ale to są oznaczenia, przy których tak za kilka metrów, jak i za dwie lub trzy godziny czasu ręczyć na razie niepodobna. Nie wątpię, że przyrodnik zaopatrzywszy się w odpowiednie narzędzia i wiedząc na co ma patrzeć, potrafiłby bez żadnego większego zachodu ustalić ilościowo, a znacznie dokładniej, ciekawe te zjawiska, co do których nie wiem, czy zwróciły kiedy uwagę jakiego ze światlejszych turystów tatrzańskich. Jak do tej chwili, mogę stanowczo twierdzić tylko tyle, że smugi są niewątpliwie prądami wodnymi i że tak postać ich, jako też położenie pozostają w najściślejszym związku z rozkładem temperatur w górnych warstwach jeziora. Gdyby mi było wolno kierować się analogią, jaka zapewne będzie istniała między nimi a potężnymi strumieniami w oceanach, t. j. prądami morskimi, to w owych zamkniętych, spokojnych i połyskujących koliskach jeziora tatrzańskiego upatrywałbym miniaturowy obraz tych wielkich, prądami zamkniętych obszarów oceanu, które w tym stopniu są nieruchome, że mogły stać się nawet glebą bujnej roślinności oceanicznej (łąki *Sargasso*). Jeżeli w upatrywaniu analogii posuwam się tutaj może za daleko, to pierwszy będę gotów porzucić taki domysł, gdyby przyszłe w tej mierze spostrzeżenia dostarczyły faktów, na co innego wskazujących.

Jeżeliby wreszcie chodziło o wytłomaczenie, dlaczego górne prądy jeziora dają się w postaci ciemnych smug dostrzedz dopiero podczas deszczu, a zresztą są niewidzialne, to na pytanie takie mógłbym dać jedną tylko odpowiedź. Krople deszczu niepokojąc raz po razu powierzchnię wody, stojącej albo albo leniwie płynącej, wywołują na niej ustawiczne faleczki, które interferując między sobą bezładnie, wyginają najróżnorodniej zwierciadło wody w różnych punktach, a ciągle zmiennie w jednym i tym samym punkcie i sprawiają w ten sposób bezustanne migotanie światła. Wrażenie nie inne, jak to, którego

Digitized by Google

doznajemy, gdy pozawieszane na niciach liczne ułamki szkła w słońcu i przy wietrze zdala obserwujemy. Te same krople deszczu padając na strugę wody, płynącej w kierunku dobrze ustalonym, wywołują wprawdzie także drobne faleczki, ale te, zostając pod przymusem postępowego ruchu strugi i nie mogąc teraz interferować tak bezładnie jak poprzednio, wytworzą na tych miejscach postać hydrodynamicznie utrwaloną, jak gdyby żyłę wodną, której powłoka przybierze kształty od czasu prawie niezawisłe. Refleks pochodzący od takiej utrwalonej postaci, chociażby doprowadzał do oka pewien zasób rozpierzchłego światła, nie zdoła jednak oczywiście wywołać migotania, zależnego od drobnej wprawdzie, ale ustawicznej zmiany kontrastów światła na jednem i tem samem miejscu. Że tak jest w istocie, wystarczy przypatrzyć się widokowi, jaki sprawiają w czasie deszczu większe kałuże i głębsze a pochyłe ścieki wodne, oboje z dalsza obserwowane.

W miejsce stłuczonego termometru Alt Nr. 29 zaopatrzyłem się w tym roku w dwa wielkie termometry minimalne, specyalnie do moich celów wykonane w pracowni mechanicznej W. J. Rohrbeck's Nachfolger we Wiedniu. Obydwa (Rohrb. Nr. 1 i Rohrb. Nr. 3) urządzone były według ulepszonego systemu Six'a; jako materyę ciepłomierniczą zawierały kreozot, wypełniający wielką bańkę, który zmieniając swą objętość, popychał krótki słupek rtęci, a pośrednio index żelazny, pogrążony w kreozocie. Pomimo jednakiej wogóle budowy, oba termometry (R_1 i R_3) różniły się jakością podziałki. R_1 miał zwykłą podziałkę Celsiusza, sięgającą od $-0{\cdot}4^\circ$ C. do $+19^\circ$ C. i dozwalał odczytywać $\frac{1}{10}^\circ$ C. (w przypuszczeniu jednostajnej rozszerzalności kreozotu), drugi (R_3) posiadał skalę dowolną (arbiträre Scala), dzieloną na milimetry, a odczytanie jego należało dopiero krótkim rachunkiem zamieniać na stopnie i części stopnia. Najwyższa temperatura, do której R_3 mógł być jeszcze użytym, wynosiła tylko $11{\cdot}4^\circ$ C. Przy tak małej rozległości pionowych zmian ciepłoty, jaką wykazują jeziora tatrzańskie, podziały sięgające wyższych temperatur były niepotrzebne: wyzyskałem tę okoliczność, ażeby za to znacznie powiększyć dokładność odczytań temperatury. Niepewność odczytania przy R_1 wynosiła też zaledwo $\frac{1}{60}^\circ$, przy R_3 jeszcze mniej, to tylko $\frac{1}{80}^\circ$ C., a przy dostatecznej wprawie obserwatora nawet nie tyle. Bez przesady mogę utrzymywać, że piękny i kosztowny termometr R_3 mógł dawać temperatury z dokładnością niemal jednej setnej części stopnia C., jeżeli tylko był używanym z należytą przezornością i jeżeli do odczytań na nim dołączone zostały poprawki z powodu błędu w kalibrze rurki, różnicy rozszerzalności rtęci i kreozotu, a wreszcie zmienności ciśnienia, któremu narzędzie ulegało podczas rozmaitych pomiarów. Poprawki rzeczone,

Digitized by Google

zresztą nader małe, zostały dla obu termometrów empirycznie wyznaczone z wszelką troskliwością, a liczby, które podaję niżej w tekście, są ciepłotami już poprawnemi. Obydwa termometry używały się w pozycyi leżącej.

Prócz głębokich sondowań termometrycznych, które zawsze budzą zainteresowanie, wykonałem w tym roku termometrami (R_1 przeważnie na Rybiem, R_3 na Czarnym Stawie pod Kościelcem) dłuższy szereg płytkich sondowań w jednem i tem samem miejscu jeziora w celu ostatecznego przekonania się, jak daleko sięgają w głąb dzienne zmiany ciepłoty i o ile zmniejszoną jest tam ich amplituda. Zależało wielce na tem, ażeby taki szereg odnosił się istotnie do tego samego miejsca na jeziorze; przewidując bowiem, że zmiany te będą już tylko drobnemi, i wiedząc, że w tym samym czasie i w tej samej głębokości, ale w dwóch różnych miejscach jeziora, temperatury nie całkiem są identyczne, obawiałem się, że drobne zmiany ciepłoty, spowodowane zmiennością czasu i miejsca, mógłbym złożyć na karb zmienności samego tylko czasu. Zapobiegłem temu, wykonywając te pomiary stale z tyłu tratwy (10-cio metrowej), uwiązanej przodem do brzegu dwumetrowym powrozem w zwykłej jej przystani stale w 12-to metrowej odległości od brzegu, starając się powrozowi napiętemu nadać (kilkoma ruchami wioseł) kierunek prostopadły do linii samego brzegu. Kilkometrowa tylko głębokość jeziora w tem miejscu pozwalała zresztą za dnia bardzo dobrze widzieć dno jeziora, a nawet wyróżniać jego szczegóły, m. i. dwie butelki, które umyślnie w tem miejscu zatopiłem.

Sondowania termometryczne, wykonane w pobliżu dopływów, potwierdziły przedewszystkiem wykazaną rok temu krzywiznę powierzchni isotermicznych i to w stopniu takim, że gdyby nie powtórny pomiar i odczytania liczb termometru czworgiem oczu, nie mógłbym temu uwierzyć. M. i. w dwóch rozmaitych miejscach jeziora znalazłem ciepłotę wody 6·2° C. raz w 9·5 m., drugi raz w 1·1 m. głębokości! Obydwa stanowiska były, co prawda, oddalone od siebie na 150—180 m., ale i tak pochylenie (t. j. kąt z poziomem) isotermicznej powierzchni osiąga wartość całych trzech stopni na tej przestrzeni. W najbliższem sąsiedztwie dopływu *(a)* z pod Żabiego, znalazłem pochylenie nawet jeszcze większe. Bardzo zimna woda tego małego dopływu (+ 3·2° C.; wszedłszy do jeziora + 3·8° C.), wlewając się energicznie w basen Rybiego, nie mięszała się przy brzegu wcale z jego ciepłemi (+ 10·0° C.) wodami, ale „przebijając“ jego powierzchnię, sunęła wprost na dno, zrazu płytkie, staczając się zaś po jego stromej już dalej pochyłości, dawała się — jeszcze w odległości 10 metrów od brzegu — termometrem na dnie wyśledzić. Dnem samem spływają

Digitized by Google

zatem, jak widać, najzimniejsze z dopływów jeziora, nie stosując się do uwarstwienia poziomego, ale samej tylko pochyłości (ku środkowi) dna jego ulegając i tam w najniższych miejscach się zbierając. Wywiercony niejako takim spadzistym dopływem, w spokojnych wodach jeziora kanał, przeprowadza strugę zimnej i ciężkiej wody w największe głębie basenu i to wśród otoczenia, które przy bardzo złem przewodnictwie ciepła wody z góry na dół, może ciepłotę strugi tylko nieznacznie podwyższyć. Na podstawie spostrzeżeń, co prawda tylko dwuletnich, wnoszę, iż ciepłota wody w największych głębokościach jeziora jest (w porze letniej) niemal identyczną z ciepłotą tego dopływu, którego ciepłota jest najbliższą wartości + 4·0° C. Drobna różnica, która będzie między temi liczbami istniała, daje się wybornie wytłomaczyć wielkiem ciśnieniem hydrostatycznem, jakiemu ulegają wody w tych głębiach, jak to w następującym rozdziale zobaczymy. Będę się starał tam wykazać, że tak ciepłoty nieco niższe od + 4° C., jakie na dnie obserwowano, jako też ułamkiem stopnia Celsiusza wyższe od ciepłoty warstw nieco wyższych, dają się w zupełności objaśnić współdziałaniem ciśnienia (prócz ciepłoty) w dążności wód do wytworzenia stałej równowagi jeziora i że nie tyle ciepłota jak gęstość wody, zależna równocześnie i od ciepłoty i od ciśnienia, decyduje o jakości uwarstwienia. Co się tyczy dopływów, to żałować należy, że inni obserwatorowie, którzy mieli sposobność sondować termometrycznie Jezioro Rybie i inne jeziora tatrzańskie w czasach innych, niż sam to czyniłem, nie mierzyli równocześnie ciepłoty wszystkich ważniejszych dopływów jeziora. Przyrost zajęcia obserwatora stąd wynikający będzie tylko nieznacznym: wystarcza bowiem obejść jezioro dokoła ze zwykłym termometrem w ręku, co w przeciągu dwóch godzin daje się bardzo dobrze przy Rybiem wykonać.

Pomiary ciepłoty w okolicznych źródłach, odczytywania wodoskazu, a wreszcie dostrzeżenia meteorologiczne (ciepłota, ciśnienie powietrza, opad i t. d.) wypełniały resztę mego czasu na te zajęcia przeznaczonego.

Przedstawiwszy w tem, co dotąd, różne środki, narzędzia i metody, których używałem kolejno, w miarę jak własne moje poznanie rzeczy wzrastało, mogę obecnie przystąpić do liczbowego uzasadnienia swych wniosków, nie krępując się już dalej nierównoczesnością ich pochodzenia. Rzeczy tej poświęcam rozdział następujący.

Digitized by Google

ROZDZIAŁ VI.

Dzienne i roczne zmiany ciepłoty w głębi jeziora. Rola dopływów. Pionowy rozkład temperatur. Zmiany wieloroczne.

Przejdziemy teraz kolejno objawy peryodycznych zmian ciepłoty pod powierzchnią jeziora, dziennych i rocznych.

Zmiany dzienne. O tych zmianach, nawet podczas pory letniej, daje się bardzo mało powiedzieć. Na rzecz zwróciłem swą uwagę dopiero w roku 1892.; lepszym termometrem badałem ją dalej w roku następnym, w obu jednak razach z miernem tylko powodzeniem. W obydwóch bowiem tych latach pobyt mój nad Rybiem przypadał na większość dni pochmurnych, słotnych i wietrznych, podczas których nawet ciepłota powietrza ulegała tylko niewybitnym zmianom dziennym, a sama ciepłota wody na powierzchni jeziora mogła skutkiem tego tylko drobne, czasem wątpliwe zmiany wykazywać. Z kilku nieco pogodniejszych dni zebrane pomiary umieszczam poniżej w całości. Przewidując, że dzienne zmiany ciepłoty wody nikną już w małych głębokościach, wykonywałem w każdej wolniejszej chwili (w niejednostajnych terminach) płytkie sondowania termometryczne, stale w głębokości 2·1 m. (w r. 1893. nieco płyciej 1¾ m.), a sporadycznie także w głębokości 4 m. Wiadomo, że dzienne zmiany ciepłoty gruntu stałego w strefie umiarkowanej znikają w głębokości 0·7—1·2 m.; wiadomo dalej, że według teoretycznych poszukiwań Fourier'a [1]) stosunek głębokości z_r, w której znikają zmiany roczne, do głębokości z_d, w której znikają zmiany dzienne, wynosi $\sqrt{365}$, t. j. blizko 19, co zgadza się bardzo dobrze z obserwacyami geotermicznemi, które w środkowej Europie dają 16—24 m. jako głębokość, w której znikają roczne zmiany. Wiedząc już z dawniejszych, tak obcych, jak i swoich pomiarów Jeziora Rybiego, że zmiany roczne nie przekraczają 35 m. głębokości, domyśliwałem się, że zmiany dzienne Rybiego będą się zacierały w głębokości $\frac{35}{\sqrt{365}}$, t. j. blizkiej 2 metrów. To kierowało moim wyborem blizko dwumetrowej głębokości aby rozpatrzeć się w tem, czy fakta odpowiedzą przypuszczeniu; nie taiłem jednak przed sobą, że analogia zjawisk tych

[1]) Fourier, Théorie analytique de la Chaleur, Paris 1822.

Digitized by Google

na gruncie stałym i w cieczy jest tylko daleką, i że skutkiem jej ruchliwości rzecz tu i tam może wypaść odmiennie.

W roku 1892. zdołałem zebrać tylko następujące dane:

Rok	Data	Godzina	Powierzchnia	1½ m. głębok.	4·0 m. głębokości
1892.	17/7	8½ a. m.	11·2° C.	10·6° C.	— ° C.
1892.	17/7	10 a. m	11·6	10·35	10·2
1892.	17/7	11 a. m.	11·9	11·1	—
1892.	17/7	2 p. m.	13·5	10·6	10·35
1892.	17/7	2¾ p. m.	12·9	10·9	—
1892.	17/7	3½ p. m.	11·9	—	10·55
1892.	17/7	4¾ p. m.	11·9	10·5	10·45
1892.	18/7	4 p. m.	10·9	10·6	—
1892.	18/7	5 p. m.	10·9	10·7	10·5
1892.	19/7	6 p. m.	10·3	10·0	10·0
1892.	20/7	8 a. m.	9·8	9·95!	9·7
1892.	20/7	10½ a. m.	11·9	10·1	10·0
1892.	20/7	12½ p. m.	11·0	9·85	—
1892.	20/7	3 p. m.	12·0	10·05	9·8
1892.	21/7	8¾ a. m.	11·0	10·25	8·95!
1892.	21/7	6¼ p. m.	10·8	10·0	9·8

Z tych liczb nie daje się wyciągnąć żaden bezpieczniejszy wniosek. Dni pomiarów były, jak już wspomniałem, zimne i dżdżyste tak, że skutkiem tego sama „fala“ dziennego ruchu ciepłoty powietrza nie mogła się należycie rozwinąć. Wyjątek stanowił dzień 20-go lipca, w którym ciepłota powietrza od 3·5° (o 6. rano) wzniosła się do 14·3° (o 1. popołudniu), aby spaść do 7·6° C. (o 11. wieczór), ale powietrze w tym dniu było zarazem bardzo niespokojne, a jezioro wzburzone. Pomiary te, jak i z roku następnego, odnoszą się do tego samego miejsca na jeziorze, 12 m. od brzegu, sąsiadującego ze schroniskiem.

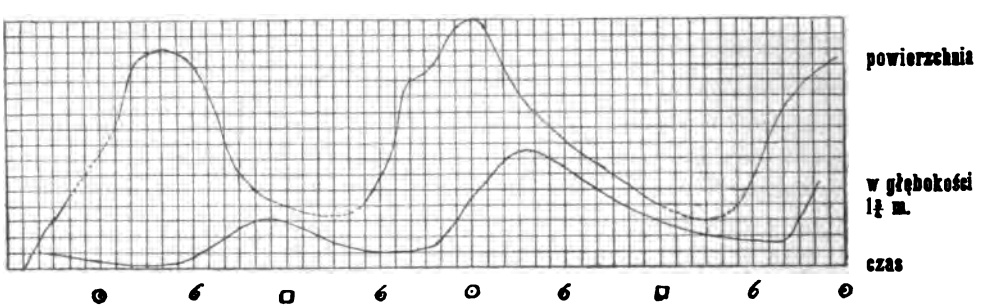
Nieco wymowniejsze są liczby, jakie zebrałem w r. 1893. I teraz wprawdzie aura pozostawiała wiele do życzenia, za to jednak większa dokładność termometru, którym się posługiwałem (Rohrbeck Nr. 1) i doświadczenie poprzednio nabyte, obiecywały lepsze powodzenie w tej mierze.

Otrzymałem liczby następujące:

Digitized by Google

1893 Dzień	Godzina	Woda na pow.	W głębokości $1\frac{3}{4}$ m.	1893 Dzień	Godzina	Woda na pow.	W głębokości $1\frac{3}{4}$ m.
28/7	$12\frac{1}{2}$ p.	12·9°	—	1/8	8 a.	10·5°	10·13°
28/7	8 p.	12·5	11·47°	1/8	$10\frac{1}{2}$ a.	10·4	—
28/7	$9\frac{1}{2}$ p.	12·3	—	1/8	$12\frac{1}{4}$ p.	10·7	—
29/7	$6\frac{1}{4}$ a.	12·1	11·98	1/8	2 p.	10·7	10·11
29/7	8 a.	12·6	—	2/8	6 a.	10·1	—
29/7	$9\frac{1}{2}$ a.	12·9	10·52	2/8	7 a.	10·0	—
29/7	$1\frac{1}{4}$ p.	12·5	11·15	2/8	8 a.	10·2	10·11
29/7	$4\frac{3}{4}$ p.	11·6	11·33	2/8	3 p.	11·3	10·01
29/7	$6\frac{1}{4}$ p.	11·4	10·36	2/8	$4\frac{3}{4}$ p.	11·4	—
29/7	9 p.	11·7	10·72	2/8	$5\frac{1}{4}$ p.	11·4	—
30/7	$7\frac{1}{4}$ a.	11·9	11·52	2/8	10 p.	10·6	10·41
30/7	1 p.	11·9	11·37	3/8	$6\frac{1}{2}$ a.	10·5	10·17
30/7	$4\frac{1}{4}$ p.	11·9	10·37	3/8	8 a.	10·8	—
30/7	$6\frac{1}{4}$ p.	11·0	10·07	3/8	9 a.	11·2	—
30/7	$7\frac{3}{4}$ p.	10·7	10·21	3/8	$11\frac{1}{2}$ a.	11·3	10·28
30/7	$9\frac{1}{2}$ p.	10·8	10·52	3/8	$1\frac{1}{2}$ p.	11·6	—
31/7	$4\frac{3}{4}$ a.	10·9	10·51	3/8	3 p.	11·3	10·67
31/7	10 a.	11·6	10·55	3/8	10 p.	10·6	10·45
31/7	$12\frac{1}{2}$ p.	12·5	10·95	4/8	6 a.	10·4	10·21
31/7	7 p.	10·7	—	4/8	8 a.	10·8	—
				4/8	$10\frac{3}{4}$ a.	11·2	10·44

I ten materyał nie pozwala na wyciągnięcie wniosków stanowczych. Maxima, jakie wogóle w głębokości $1\frac{3}{4}$ m. otrzymano 11·98°, 11·52°, 11·47° przypadają wszystkie trzy na godziny ($6\frac{1}{4}$ a., $7\frac{1}{4}$ a., 8 p.)



Ryc. 10.

Graficzne przedstawienie dziennego ruchu ciepłoty na powierzchni Jeziora Rybiego (górna krzywa) i w głębokości $1\frac{3}{4}$ m. (dolna krzywa).

Odcinki na osi poziomej oznaczają czas, przyczem każda mała podziałka odpowiada jednej godzinie; ⊙ oznacza południe, □ północ. Rzędne pionowe nie oznaczają tu temperatur, ale każdorazową wielkość iloczynu $10\,(\tau - 10^0)$, t. j. dziesięciokrotną przewyżkę ciepłoty ponad 10·0° C.

zdala leżące od maximów ciepłoty wody na samej powierzchni i równoczesnych im prawie maximów ciepłoty powietrza; podobnież mi-

Digitized by Google

nimum 10·01 niemal na porę (3 p. m.) maximum ciepłoty w najwyższej warstwie wody. Świadczyłoby to więc do pewnego stopnia o ± 10-cio godzinnem opóźnieniu fazy w głębokości $1\frac{3}{4}$ metra. Nie stoją w sprzeczności z tem liczby z ostatnich trzech dni (2., 3. i 4. sierpnia 1893. r.); nakreślone według nich dwie krzywe [ryc. 10., gdzie na osi $x^{ów}$ odcięty czas (1 kratka = 1 godzinie), zaś na osi $y^{ów}$ nadwyżka ciepłoty τ ponad 10^0, dziesięć razy powiększona], okazują dość wyraźnie kilkagodzinne opóźnienie się tak maximów, jak i minimów w głębszej warstwie. Rysunek okazuje także. iż wielkość dziennej amplitudy wynosi zaledwie połowę tej wartości, jaką posiada ona na samej powierzchni.

Zmiany roczne ciepłoty.

Dopływy. Jakość i wielkość zmian rocznych zależy od wielu czynników meteorologicznych i hydrograficznych, pomiędzy ostatnimi zaś ważniejszą rolę odgrywają dopływy jeziora, ich pochodzenie, ciepłota, a nawet miejsce, w którem staczają się w basen jeziora. Co do ich pochodzenia, to już poprzednio zauważyłem, że wszelkie dopływy można podzielić na dwa rodzaje: stateczne, pochodzące bądź z jezior wyżej położonych, bądź też ze śniegów zalegających górskie wąwozy (źleby), dziury i rozpadliny na stokach otaczających jezioro, albo też „przypadkowe", pochodzące wyłącznie od deszczu, (wzgl. śniegu) bądź bezpośrednio skrapiającego powierzchnię jeziora, bądź też wlewającego się po każdej pochyłości strugami do głównego zbiornika. O tych ostatnich sporadycznych dopływach można tylko tyle powiedzieć, że ciepłota ich (latem przynajmniej) wynosi tyle właśnie, ile równoczesna ciepłota powietrza, jakoteż że wpływ ich na stosunki ciepłoty wód jeziora ogranicza się tylko do warstw najwyższych. Pierwsze wynika z bezpośrednich pomiarów ciepłoty powietrza, świeżo spadłej deszczówki i deszczowych dopływów, które to ciepłoty (mierzone kilkakrotnie w latach 1891—1893) znajdowałem zawsze prawie równe; drugie okazało się ze sondowań termometrycznych głębszych warstw, które przed deszczem (niekiedy ulewnym) i po nim, nie wykazywały żadnych zmian ciepłoty, któreby można było złożyć na karb opadu. Długotrwałe słoty z niebem ciągle zachmurzonem zdają się przecież wywierać na jezioro wpływ „ujednostajniający" ciepłotę w jego głębi: przynajmniej nie umiem sobie w żaden inny sposób wytłomaczyć łagodnego spadku temperatury ze wzrostem głębokości, jaki obserwowałem w Rybiem podczas ustawicznej słoty w pierwszej połowie sierpnia 1891. r. Gdy po inne lata w głębokości 4 m. znaj-

Digitized by Google

dowałem ciepłotę 10° i 11°, było tam w r. 1891. tylko 8·5°; natomiast w głębokości 20 m. było w tym roku niemal 5½ stopni, gdy po inne lata znajdowano tam tylko 4·3°—4·8°. Wyobrażam sobie mianowicie, że długotrwałe letnie opady deszczowe i połączona z niemi depressya termometryczna, wywierają na jezioro ten sam wpływ co roczny ruch ciepłoty powietrza jesienią, t. j. wywołują pionowe prądy konwekcyjne, usiłujące normalne uwarstwienie (termiczne) letnie przeobrazić w uwarstwienie zimowe, a więc odwrotne (cieplejsze wody u dołu) do czego — jak wiemy — poprzednio jest koniecznem, aby wody całej masy jeziora przybrały ciepłotę prawie jednakową i blizką 4° C, a wprzód jeszcze, aby nagły letni spadek temperatury wraz z głębokością przechodził kolejno szereg spadków coraz to łagodniejszych.

Statecznych dopływów Jeziora Rybiego naliczyłem dwanaście, z których dwa wielkie, dziesięć znacznie mniejszych. Największy dopływ tworzą wody ze Stawu Czarnego pod Rysami (właściwego Morskiego Oka) położonego w tyle Rybiego na poziomie 140 m. wyższym od ostatniego, a w odległości poziomej zaledwie 1 hm. Strumień wody na tak znacznym spadku tworzy szereg większych i mniejszych wodospadów, miejscami płynie szeroko po wygładzonem a pochyłem, kamiennem łożysku właściwego masywu górskiego (tz. „samoród“ w przeciwstawieniu do usypisk i moren), u dołu się rozszczepia raz i drugi, wtaczając się trzema blizkiemi strugami do basenu Rybiego. Wejście ich do Rybiego oznaczonem jest głoską *D* na karcie Dziewulskiego.

Drugi wielki dopływ, położony niemal symetrycznie do pierwszego ze względu na długą „oś“ jeziora, jest dopływ z poza Mnicha[1]) albo od „Stawu za Mnichem“. Tak jest on zwanym, pomimo iż sam Staw (Staszica) dzisiaj nie istnieje, lubo łożysko jego dochowało się dotąd w stanie, który na niedawne zniknięcie zbiornika wód na tem miejscu wyraźnie wskazuje[2]). Dopływ ten nieco mniej obfity od do-

[1]) „Mnich“ jest to ostra turnia będąca gałęzią rozłożystej Mięguszowieckiej Turni, zwróconą ku północy. Nazwa pochodzi od podobieństwa jej do zakonnika w kapturze.

[2]) Ten zakątek tatrzański zwiedziłem dnia 8. sierpnia 1891. r., wiedziony tam ciekawością naocznego zobaczenia miejsca, o którem mi sprzeczne informacye dawano, a co do którego jeszcze sprzeczniejsze wiadomości drukiem ogłoszono (Staszic, Zejszner, Fuchs, Kofistka, Kolbenheyer, Eljasz, Dziewulski i inni). Rzecz poszła stąd, że Staszic wyraźnie powiada o istnieniu (za swoich czasów) dwóch Stawów powyżej Rybiego, z których leżący za Mnichem nazywa Czarnym Stawem, a drugi między Żabiem, Rysami i Mięguszowieckim: Morskiem Okiem. To ostatnie jezioro nazywają u nas dzisiaj Czarnym Stawem, zaś Niemcy, Węgrzy zgodnie: Morskiem Okiem. Tak samo na mapie sztabu generalnego. Ci, którzy nazwę Morskiego Oka zastrzegają dla dolnego jeziora, t. j. Rybiego (Zejszner, Eljasz itd.) zasłaniają się okolicznością, że Sta-

Digitized by Google

pływu *D*, rozdwaja się na wysokości ± 80 m. ponad poziomem Rybiego i dwoma dość już odległemi od siebie strugami wtacza się do basenu dolnego. Karta Dziewulskiego oznacza tylko jednę z nich, dalszą od schroniska i to cokolwiek fałszywie, głoską *E*. Gałąź E_1 tej „Dwoistej Siklawy“ bliższa schroniska (t. j. bardziej północna) jest otwarta od góry do dołu. druga E_2 bardziej ku tyłowi jeziora położona, kryje się na wysokości 20 (±) m. nad Rybiem pod ziemię i tam płynąc popod złomami skał, mięsza swe wody z wodami Rybiego już pod jego powierzchnią. Dla lepszej oryentacyi dodam, że kilka kroków poza E_2 jeszcze bardziej ku tyłowi jeziora, znajduje się niewielka jaskinia („Koleba“) *F* utworzona z pospieranych na sobie głazów granitowych tuż przy samej ścieżce obwodzącej jezioro do koła. Ciepłotę powietrza w tej „kolebie“ mierzyłem kilkakrotnie, o czem już poprzednio (rozdział I-szy) była mowa.

Dziesięć statecznych, małych dopływów Jeziora Rybiego nienaznaczonych na karcie Dziewulskiego, pochodzi już wprost (z wyjątkiem jednego *g*) ze śniegów topniejących. Oznaczam je kolejno głoskami *a, b, c. ..i, j* idąc od ujścia jeziora w lewo, t. j. popod Żabie, Mięguszowiecką Turnię, Mnicha, Miedziane, część ich zwaną Marchwicznym, z powrotem do schroniska, względnie odpływu. Wszystkie one dostarczają Rybiemu latem wody znacznie skąpiej od *D* i *E*, ale też (z wyjątkiem jednego *g*) bardzo zimnej (3°—5·5°).

Trzy pierwsze *a, b, c* pochodzą ze śniegów zalegających trzy główne żleby w trzonie Żabiego, które to śniegi nawet podczas najgorętszego lata nie giną doszczętnie. skracając się tylko od dołu ku

---

szic pomięszał rzeczy ze sobą i nie mógł mówić o dwóch wyższych jeziorach, skoro dzisiaj istnieje tylko jedno (Staw Czarny pod Rysami u nas, Meerauge na kartach niemieckich i węgierskich). Za Mnichem znalazłem głęboką kotlinę zamkniętą prawie zewsząd stokami górskimi (od Mięguszowieckiej Turni, Mnicha, Miedzianych) w $^3/_4$ zawaloną złomiskami skał okolicznych. a prawie w ś.odku niej trzy małe stawki (zdaje się dość płytkie), których wodę zasilały dopływy wprost z topniejących śniegów. Poziomy tych zbiorników wody były nierówne, co już na oko mogłem stwierdzić; były one ze sobą połączone rzeczkami podobnemi do tych, jakie widzimy w Dolinie Pięciu Stawów Polskich. Z najniższego stawku (wysokość około 1620 m. nad poz. morza) uchodząca woda tworzy właśnie ową „Siklawę z poza Mnicha“, której wejście do Rybiego jest oznaczone głoską *E* na karcie Dziewulskiego. W miejscu, gdzie dno tego kotła jest najniższem, a gdzie strumień wody przedostaje się na strome zbocze łączące stopy Mnicha z Miedzianemi, dostrzegłem wyraźną pozostałość grobli, która niegdyś zamykała jezioro, niepodzielone zapewne wówczas, jak dzisiaj, na kilka części odrębnych. Rzecz budzi ciekawość ze względu, że mamy tutaj widocznie przed sobą fakt zaginięcia jeziora skutkiem rozerwania grobli. dokonane w czasach między 1805. a 1845. r. (Stassic-Zejszner). Dodam, że według zapewnień juhasów, wiosną r. 1893. nie trzy ale cztery Stawki „poza Mnichem“ się znajdowały.

Digitized by Google

górze. To samo, w jeszcze wyższym stopniu stosuje się do dalszych trzech małych dopływów *d, e, f,* sączących się ze śniegów zalegających rozpadliny w trzonie Turni Mięguszowieckiej oraz dwa wielkie usypiska granitowe u jej stóp rozsiadłe, w charakterystycznej postaci dwóch półstożków eliptycznych (przeciętych wzdłuż ich osi płaszczyzną, którą tutaj jest ściana turni). Te dwa garby śnieżne nie zginęły nawet jeszcze w drugiej połowie września 1892. r. po niesłychanych upałach drugiej połowy sierpnia i znacznej jeszcze zwyżce termometrycznej we wrześniu tegoż roku, lubo wielkość ich wówczas już była bardzo zmalała. Zauważę mimochodem, że największą konsumpcyę śniegu górskiego w czasie lata, prócz wiatru halnego (zobacz wyżej) sprawiają d e s z c z e, nie zaś bezpośrednia insolacya. W roku 1892. sam byłem świadkiem, jak wielka ulewa (wieczór 18. lipca) rozdarła jeden z tych płatów śniegu wzdłuż spadku wody na dwie części, a następnie każdą z nich znacznie uszkodziła. Wszystkie trzy zimne dopływy *d, e, f* (3°—4°) są ukryte pod złomami skał i odsłaniają się dopiero tuż nad poziomem jeziora.

Postępując dalej wokoło Rybiego, dochodzimy wkrótce do wielkiego (podwójnego) dopływu *E*, o którym była już mowa. Odtąd stromość brzegów jeziora tak wzrasta, że dla wąziutkiej ścieżki prowadzącej pomiędzy zwaliskami skalnemi znalazło się tutaj zaledwie miejsce. Bliżej wielkiego języka *C* (karta Dziewulskiego, gdzie wypadł on nieco za krótki) brzeg staje się już bardziej położystym, na samem *C* jest już dość miejsca na kilkadziesiąt osób „Język" ten jest wielkiem usypiskiem, złożonem z kamyków drobnych, żwirowych, zesuwających się dnem największego żlebu, jaki z tej strony wrzyna się w trzon Turni Miedzianych. Niezacieśniony i niezbyt stromy, jak inne okoliczne, a do południa nachylony żleb ten zawiera (latem) tylko pod samym ich grzbietem (granią) skąpy zapas śniegów tak, że ciekąca woda ma do przebycia najmniej 300 lub 400 m., zanim dosięgnie poziomu Rybiego Jeziora. W ten tylko sposób mogę sobie wytłómaczyć, dlaczego bardzo powolny dopływ *g*, wlewający się z owego żlebu po przedniej części „języka" *C* do Rybiego, posiada ciepłotę najwyższą ze wszystkich dopływów i to tak dalece, że woda jego częstokroć jest cieplejszą od wody Rybiego na powierzchni. Tak np. dnia 20. lipca 1892. r. znalazłem jego ciepłotę = 15·8°, podczas gdy ciepłota jeziora wynosiła równocześnie tylko 12·0°. Zauważę nakoniec, że „język" *C* wrzyna się dość położyście pod powierzchnią wody jeszcze głębiej w jezioro tak, że w czasie wyższego stanu wody pozornie się skraca.

Trzy ostatnie dopływy m a ł e *h, i, j,* również w zboczu Miedzianych, nie przedstawiają nic godniejszego uwagi. Z nich ostatni, naj-

Digitized by Google

bliższy morenie jeziora, jest w znacznej części ukryty pod kamieniami, skąd tylko szum wody zdradza w pobliżu jego istnienie. Wszystkie trzy są zimne i pochodzą ze skąpych śniegów, zalegających mniejsze żleby i wcięcia w tem zboczu południowem.

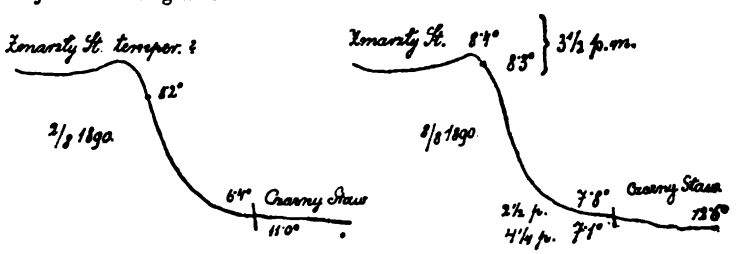
Pomiary ciepłoty rozmaitych tych dopływów, jakie zdołałem wykonać, podaję w porządku chronologicznym.

Dopływ D. Pochodzący od jeziora nad Rybiem położonego, dostarcza mu obficie wody o ciepłocie zmiennej i równej niemal każdorazowej temperaturze wód na powierzchni tamtego. Ciepłoty te — ile dotąd znalezione — umieszczam w ustępie Staw Czarny pod Rysami: (część II-ga A), tutaj więc nie mam potrzeby ich powtarzać. Powiedziałem „niemal równej", gdyż ciepłota odpływu od Stawu Czarnego jest $\frac{1}{2}$—1^0 niższą od ciepłoty wody na jego powierzchni w zaciszu, co tłomaczę nietylko zesuwaniem się przy upuście głębszych nieco warstw wody, ale nadto wielką chyżością strumienia, jaki tworzy on zaraz przy wyjściu z jeziora. We wszystkich jeziorach tatrzańskich, które badałem, dostrzegałem statecznie ten sam objaw, że woda w łożysku odpływowem była zawsze nieco zimniejsza, aniżeli woda tuż obok na spokojnej jeszcze powierzchni Stawu [1]). Co do zmienności ciepłoty tego dopływu wraz z drogą przebytą, zmienności skutkiem samej chyżości strumienia [2]), to następujące liczby mogą posłużyć do uzasadnienia rzeczy.

---

[1]) Latem oczywiście; w zimie zdaje się jest odwrotnie. W r. 1891. bezpośrednio pod lodem Rybiego znalazłem ciepłotę + 0·2° C, ciepłotę wody odpływającej + 0·5° C. Tyleż jako ciepłotę zimowego odpływu znalazł prof. Świerz w r. 1892., nie zdołał jednak przebić niższej a grubszej skorupy lodowej, aby wykonać sondowanie termometryczne na środku jeziora.

[2]) Nie chcąc powtórnie przy innych jeziorach tatrzańskich dotykać tego samego przedmiotu, zauważę tutaj od razu, że i co do innych dopływów, względnie odpływów, to samo dostrzegłem. Tak np. znalazłem w r. 1890. ciepłoty dopływu do Czarnego Stawu pod Kościelcem od Zmarzłego Stawu pod Zawratem, które przedstawiam tutaj w dwu diagramach.



Ryc. 11.

Podobny objaw dostrzegłem przy Wielkiej Siklawie, t. j. największym z wodospadów tatrzańskich, będącym ujściem wód Stawu Wielkiego, zarazem początkiem

Digitized by Google

1892, 11. lipca	$7^h\ 45^m$	p. m	Odpływ od Czarn. St.				u samej góry przy kładce . . 9·4° C
„ 11.	„ $8^h\ 5^m$	p. m.	„	„	„	„	u dołu przed wejściem do Rybiego 8·6° C
„ 12.	„ $10^h\ 20^m$	a. m.	„	„	„	„	u dołu przed wejściem do Rybiego 8·2° C
„ 12.	„ $10^h\ 50^m$	a. m.	„	„	„	„	u góry przy kładce . . . . . 9·2° C
„ 12.	„ 7^h	p. m.	„	„	„	„	u góry przy kładce . . . . . 9·4° C
„ 12.	„ $7\frac{1}{2}^h$	p. m.	„	„	„	„	u dołu . . . 8·5° C
1893, 27.	„ $12\frac{1}{2}^h$	p. m.	„	„	„	„	u góry . . . 10·1° C
„ 27.	„ $12\frac{3}{4}^h$	p. m.	„	„	„	„	w połowie wysokości, wodospad 9·0° C
„ 27.	„ 1^h	p. m.	„	„	„	„	u dołu przed wejściem do Rybiego 9·7° C

W ustępie poświęconym temu jezioru wykazuję, że ciepłota na jego powierzchni latem jest blizko 2·4° C. niższą od równoczesnej ciepłoty na powierzchni Rybiego; obie ciepłoty zresztą ulegają w przybliżeniu jednakim zmianom dziennym względnie rocznym. Szczegóły, które przytoczyłem, pozwalają więc z dostatecznem przybliżeniem oznaczyć różnicę termiczną Rybiego i dopływu D na $(2{\cdot}4^0 + 0{\cdot}5^0 + 0{\cdot}8^0) = 3{\cdot}7^0$ na niekorzyść dopływu D. Może to być prawdą jedynie w porze letniej, gdyż w zimie, sądząc z tego, co w Rybiem pod lodem znaleziono, a co też odnosi się do alpejskich jezior, pod lodem Czarnego Stawu itd. woda ma ciepłotę blizką zeru, a sam, skąpy zresztą wówczas dopływ, może mieć tylko tę samą ciepłotę tak, że zimowa różnica termiczna Rybiego i tego dopływu byłaby zerem. Wiosną różnica ta oczywiście wzrasta kolejno do 1° (zważając na opóźnienie w rozmarzaniu Stawu Czarnego względem Rybiego, o czem na innem miejscu tej pracy), 2°, 3° — dosięgając latem maximum około 4°, aby naturalnie jesienią ku zeru znowu powracać [1]).

Zimą zatem wody tego dopływu ślizgają się wprost pod lodem po ciekłej powierzchni Rybiego, nie wkraczając wcale w jego głębię.

---

strumienia Roztoka. W miejscu, gdzie chyżość spadającej wody jest już znacznie osłabłą, znalazłem i tak ciepłotę wody jeszcze przeszło $\frac{1}{2}^0$ niższą, aniżeli przy wylocie. Spokojna partya wodospadu u dołu w zagłębieniu oddzielonem od strumienia szeregiem kamieni, zawierała natomiast wodę o ciepłocie wyższej (blizko 1°) aniżeli sam odpływ u góry (sierpień 1890).

[1]) Najwyższą różnicę 4·2° znalazłem 5. sierpnia 1890. r. Rybie na powierzchni 12·7°, dopływ D tylko 8·5° (u dołu).

Digitized by Google

Jeżeli teraz w głównej naszej tabeli pionowego rozmieszczenia temperatur Rybiego (patrz niżej) będziemy poszukiwali głębokości, w których ciepłota latem jest blizko 3·7° niższą od ciepłoty na jego powierzchni, to znajdziemy ją około 12 metrów. Tak zatem głęboko, co najwyżej, mięsza ten dopływ swoje wody z wodami Rybiego w przeciągu całego roku, a chociażbyśmy ją jeszcze nieco powiększyli, to na wszelki sposób tyle zostanie pewnem, że wody *D* nie wywierają już żadnego wpływu na to, co pod względem ciepłoty dzieje się w głębokościach Rybiego wynoszących 20 metrów i więcej.

Dopływ E. Wogóle zimniejszy od *D*, jako niepochodzący z jeziora, w któremby na znacznej powierzchni wody mogły się wygrzać. Według tego co wyżej o nim powiedziałem, należy on do typu dopływów pośrednich między „stawowymi“ a „śniegowymi“. Wiosną będzie on zimniejszy, zapewne jednak stosunkowo dłużej i znaczniej aniżeli dopływ *D*, a to dlatego, że kotlina „za Mnichem“ jest, skutkiem swej postaci i położenia, wybornym magazynem głębokich pokładów śniegowych, które wiosną — nieskrępowane powłoką lodową — szybko topniejąc, dostarczają Rybiemu zimnej wody niezawodnie znacznie obficiej, aniżeli „zalodzony“ jeszcze Staw Czarny pod Rysami. Pasterze zajmujący w pobliżu tego zaginionego „Stawu Staszica“ nędzny szałas, zapewne najwyższy w Tatrach Polskich [1]), zapewniali mię, że w porze przybycia z owcami do szałasu (więc w połowie czerwca) znajdują Siklawę „z poza Mnicha“ tak wezbraną, że przekroczyć jej (jak to latem każdy obchodzący Rybie dokoła musi uczynić) się nie odważają. Kilka znalezionych ciepłot może interesować.

							Dopływ *D*	Rybie
1892.	12	lipca	7¾	p.	Struga ukryta *(E_2)*	5·4° C	8·5°	12·0° C
„	12	„	„	„	otwarta *(E_1)*	5·8 „		
„	21	„	3	p. m.	„ . . .	6·2 „	. . . . .	12·0 „
1893.	26	„	7¼	a. m.	„ ukryta . . .	6·7 „	7·8°	11·5 „
„	26	„	„	„	„ otwarta . . .	7·8 „		
„	1	sierp.	6½	p. m.	„ „ . . .	5·6 „	9·0	10·7 „

Stosownie do niższej ciepłoty dopływ *E* dociera latem do głębokości znaczniejszych aniżeli *D*; będzie się to zwłaszcza odnosiło do strugi E_2 zimniejszej i — jak wspomniałem — już pod poziomem Rybiego się wlewającej.

---

[1]) Dnia 8. sierpnia 1891. r., 7^h 50^m a. m. hypsometr (przy ciepłocie 15·5° C) wskazywał tam 624·2 mm.; poprzednio przy Rybiem (na piętrze schroniska) notowałem:

5^h a. m. ciepł. powietrza 11·0, hypsom 641·7. mm.
$6\frac{1}{4}$ a. m. „ „ 11·0. „ 641·6 „

Digitized by Google

Dopływy małe. Te pomimo skromnych rozmiarów uważam za najciekawsze. Wszystkie z wyjątkiem jednego *g* (zob. wyżej) są bardzo zimne, lubo niejednakowo. Najzimniejszy, którego ciepłotę mierzyłem (3·2°, 2. sierpnia 1893. r.), jest niepokaźny dopływ *a* w zboczu Żabiego tuż obok wielkiego i szerokiego żlebu (który latem bywa zazwyczaj już całkiem wolny od śniegów widzialnych) płynący od śniegów ale gdzieś wyżej tak ukrytych, że nadaremnie spinałem się po bezdrożu, ażeby położenia ich wyśledzić.

Temperatury tego dopływu znalazłem:

1891,	6.	sierpnia,	$9\frac{1}{2}$ a.	. . . 3·5°, woda Rybiego	10·2° C
1892,	12.	lipca	10 a.	. . . 3·4°, „ „	12·6 „
1893,	27.	„	$1\frac{1}{2}$ p. m.	. . 3·2°, „ „	15·2 „
„	27.	„	„ „ „	. . . 3·8°, zetknąwszy się z wodą jeziora	
„	27.	„	„ „ „	. . . — woda jeziora tuż w głębok. 0·2 m. . .	7·4° C
„	1.	sierpnia	$2\frac{1}{4}$ „ „	+ 3·4°	
„	1.	„	„	Rybie tuż zaraz: w głębokości 0 cm.	12·3° C
				„ 7 „	11·6 „
				„ 13·5 „	8·4 „
				„ 18 „	4·7 „

1893, 2. sierpnia, 9^h a. m. dopływ 3·2°.

Rybie tuż zaraz:

2 metry od brzegu	na powierzchni		10·0° C.
1 metr „ „	w głębokości	0·43 m.	5·40 „
2 metry „ „	„	1·06 „	6·24 „
10 metrów „ „	(dług. tratwy) głęb. .	1·37 „	9·76 „
tamże	głębok. 2·4 m. (dno)		6·45 „
zaraz obok	„ ± 3 „ (dno)		4·47 „
(±) 50 metrów od brzegu ku środkowi jeziora	głębokość	6·1 m.	8·05 „
	„	8·7 „	6·83 „ .

Liczby te okazują najwyraźniej, że zimna struga dopływu *(a)* stacza się po pochyłości dna jeziora prawie nie rozpościerając się w kierunku poziomym. Jest to więc istotnie potok we wodzie po dnie jeziora płynący.

Drugi niedaleki od niego dopływ *b* pochodzi ze śniegów (widocznych) w dalszym żlebie szczytu Żabiego leżących. Ciepłota jego (którą tylko raz jeden mierzyłem) wynosiła 4·4° dnia 12. lipca 1892,

Digitized by Google

godzina 10¼ a. m., przyczem ciepłota na powierzchni Rybiego tuż obok wynosiła równocześnie 12·9°.

Trzeci dopływ *c* już blizko wielkiego dopływu *D* leżący, zdaje się być znacznie cieplejszy od tamtych dwóch. Dwa razy mierzony (1. sierpnia 1893, 2¼ p. m. i tego samego dnia później) dawał ciepłoty 7·6° i 7·5°. Odosobnione śniegi, z których widocznie pochodził, widniały wysoko ponad poziomem Rybiego w jakich ⅓ grzbietu Żabiego. Tuż obok jest wielki zakręt linii jeziora, który brzeg jego podprowadza pod stopy usypiska od Czarnego Stawu, a dalej do dopływu *D*, o którym była już mowa.

Trzy małe dopływy *d, e, f* z pod „Chłopka“ i Turni Mięguszowieckiej należą do rodzaju dopływów *(a)* i *(b)* poprzednio opisanych. Mierzone 1. sierpnia 1893. r. wieczorem, okazywały zgodnie ciepłotę + 3·5°; rok przedtem 17. lipca 3½ p. m. jeszcze mniej, bo tylko 3·3° (dla *f*). Tego dnia sondowałem termometrycznie Rybie w pobliżu, około 50 m. od tylnego brzegu i otrzymałem następujące liczby:

2ʰ 40ᵐ p. m.	woda na powierzchni	12·5° C.	
„	w głębokości 2·1 m.	11·25	„
„	„ 24 „	4·2	„
„	„ 30·1 „	3·5	„ (dno).

Ostatnia liczba (3·5°) jest najniższą, jaką kiedykolwiek latem w głębi Rybiego znaleziono. Sam 2 dni przedtem (15. lipca 1892) na środku jeziora w głębokości 36·3 m. znalazłem dopiero 3·9°, dzień przedtem (16. lipca) nieco poza środkiem ku przodowi Stawu 4·0° w głębokości 32·4 m. I tutaj więc, jak przy *a* pod Żabiem, gęsta woda zimnych dopływów *d, e, f,* płynie widocznie samem dnem jeziora, w tem miejscu nader stromo spadającem; wody Rybiego nie zachowują więc jednakiej temperatury na poziomie warstwy o pewnej stałej głębokości. Powierzchnie izotermiczne jeziora nie mogą być więc płaszczyznami poziomemi, a może nawet wogóle płaszczyznami.

O siódmym z małych, statecznych dopływów *(g)* mówiłem już poprzednio; jest on jedynym, który możnaby nazwać „ciepłym“. Przynajmniej nie znalazłem go dotąd zimniejszym od wody na powierzchni Rybiego i tak:

1891,	7. sierpnia	1 p. m.	dopływ	10·2,	Rybie	9·7° C.
1892.	20. lipca	11½ a. m.	„	15·8,	„	12·0 „
1893,	26. „	7½ a. m.	„	11·6,	„	11·0 „.

Trzy ostatnie małe dopływy *h, i, j* pochodzą wprawdzie wprost od śniegów, ale już wysoko cofniętych ku szczytom w grzbiecie Mie-

Digitized by Google

dzianych, a w lipcu już dogorywających. Dla pierwszych dwóch znalazłem 6·0° i 6·1° (1. sierpnia 1893 wieczorem), do wody ostatniego (ukrytego) nie mogłem się termometrem dostać.

Co do ciepłoty bezpośrednich dopływów śnieżnych (więc „małych" przynajmniej latem), to z dotychczasowych moich spostrzeżeń zdaje się wynikać, że ciepłota każdego z nich zależy od wysokości, na której resztki zimowego śniegu latem się jeszcze dochowały, i że zimny dopływ jest tem zimniejszy, im niżej w zboczu górskiem znajduje się materyał śnieżny, będący początkiem dopływu. Wniosku tego na razie nie mogę poprzeć liczbami, gdyż wysokości, po które latem sięgają płaty śnieżne, mierzyłem (hypsometrem) dotąd tylko sporadycznie. Jeżeli jednak zważymy, że zimą powłoka śnieżna zniża się aż do najgłębszych partyj dolin, że wiosną i wczesnem latem granica śniegów cofa się pod górę już na „hale", w głębi zaś lata aż popod same grzbiety górskie, to pamiętając, że ciepłota wody tuż przy topniejącym śniegu jest o każdym czasie blizką zera, dojdziemy do wniosku, że ciepłota „małych" zimnych dopływów jeziora posiada amplitudę roczną sięgającą od 0° (wiosną, a nawet zimą skutkiem topnięcia na bezpośredniej insolacyi) do kilku stopni +. Dwa garby śnieżne w tyle Rybiego popod Turnią Mięguszowiecką, nie giną — odkąd znam Tatry — nawet podczas najgorętszego lata i ciepłej jesieni, nigdy, dzięki temu, że leżą dość położyście w cieniu. Ciepłoty 3·3°, 3·5° C dopływów *(d), (e), (f),* jakie w głębi lata znalazłem, będą zatem już blizkiemi maximum rocznego chwiania się ich ciepłoty. Im wyżej wycofał się latem płat śnieżny, tem dłuższą drogę, wśród znacznie cieplejszego powietrza, przebyć musi potok od niego pochodzący, tem cieplejszy wleje się nakoniec przy brzegu do jeziora. Stąd widać, że dzięki powolnemu „czołganiu się" płatów śnieżnych latem ku górze, (a właściwie skracaniu się ich u dołu), możnaby całoroczny ruch ciepłoty każdego znaczniejszego dopływu zimnego, wyznaczyć już zapomocą trzech lub czterech termometrycznych pomiarów. Łatwo przewidzieć, że krzywa przedstawiająca ten ruch, późną jesienią, zimą i wczesną wiosną, będzie prawie poziomą linią prostą (odpowiadającą ciepłocie dopływu blizkiej zera), odtąd wznosząc się, zrazu szybko, później łagodnie, wzniesie się najwyżej (około + 4°) z końcem lata i początkiem jesieni, aby w środku jesieni prawie nagle opaść napowrót do zera (pierwsze opady śniegu w Tatrach). O zmianach dziennych w ciepłocie nie może tu być mowy; okres dzienny będzie oczywiście wpływał już tylko na samą wydajność takiego dopływu.

Digitized by Google

W celu rozpatrzenia z m i a n r o c z n y c h w głębiach naszego jeziora, wypracowałem tabelę, która zaraz następuje, a która przedstawia wyniki największej części sondowań termometrycznych, jakie wogóle na Rybiem wykonano. Mówię, że wypracowałem ją, gdyż z powodu różności „skal“ na sznurach używanych przez rozmaitych obserwatorów (o czem wyżej), dalej poprawki wskutek kurczenia się sznura we wodzie, oraz poprawki punktu zera, na różnych termometrach różnej, potrzeba było każdą obserwacyjną liczbę z osobna wziąć do ręki, a wreszcie całość ich „paraboliczną interpolacyą“ zredukować do pewnych stałych głębokości.

Roczne zmiany ciepłoty w głębi Rybiego.

Weźmy najpierw na uwagę liczby odnoszące się do głębokości 9 metrów w środku jeziora i to w roku 1892. Mamy cztery pomiary z pory letniej tego roku dostatecznie od siebie odległe, a mianowicie:

	28 VI	20 VII	8 VIII	15/IX
(A)	6·65°	7·6°	8·25°	11·4°

(gdzie druga z tych liczb jest średnią z dwóch 7·45° i 7·7° obu znalezionych bardzo blizko środka jeziora). Uderzająco wysoka (por. tabelę) ciepłota 11·4° wywołana została najwidoczniej niezwykłymi upałami całej drugiej połowy sierpnia 1892., które przeciągnęły się jeszcze do pierwszej połowy września tego roku. Mamy więc tutaj do czynienia z opóźnieniem się fazy ruchu ciepłoty wody w tej głębokości. Jak wielkiem jest to opóźnienie, nie daje się od razu powiedzieć dla braku sondowania w październiku; jeżeli jednak zważymy, że w całym okresie upalnym, najgorętszym dniem był 20. sierpnia, to należy przypuszczać, że opóźnienie to wynosi co najmniej dni kilkanaście. O liczbie 11·4° nie wiemy z góry, czy odpowiada ona maximum, czy też może leży już poza niem, albo nawet jeszcze przed niem. Tę niepewność zdołamy w znacznym stopniu uchylić, jak następuje.

Samo już trudne ogrzewanie się wody wskazuje, że ciepło zewnętrzne potrzebuje pewnego czasu, ażeby dotrzeć do warstw głębszych. Należy więc roztrząsnąć, kiedy to — w lecie roku 1892 — bieg (roczny) ciepłoty powietrza był jakościowo zgodny z ruchem ciepłoty wody, obserwowanym między 28. czerwca a 15. września. Zamiast ciepłot powietrza przy Rybiem możemy wziąć równoległe z niemi ciepłoty krakowskie. Aby uchylić przypadkowe perturbacye w pochodzie

Digitized by Google

Rybie

Ciepłota w sto-

Głębokość z	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1883 24/8 S.	1884 20 8 S.	1886 6/8 G.	1890 5 8 B.	1891 25/3 B.	1891 5/8 B. *a*	1891 6/8 B. *b*	1891 6/8 B. *c*	1891 7/8 B. *d*	1891 7/8 B. *e*	1892 28/6 S.	1892 15/7 B. *a*
	środ. jeziora	środ. jeziora	środ. jeziora	środ. jeziora	z osi jeziora	środ. jeziora	środ. jeziora	$x = 2{\cdot}5$ $y = 5{\cdot}5$	maximum głębokości	$x = 3{\cdot}5$ $y = 4{\cdot}5$	środ. jeziora	$x = 2{\cdot}5\, y = 5{\cdot}0$ $\zeta = 40$ m.
0 m.	11·3	12 2	(11·3)	12·9	0·2	9·5	9·8	10·2	9·4	9·6	9·1	10·9
2	—	—	11 0	12·5	2·1	8·9	8·9	9·2	—	8·9	—	—
4	—	—	10·7	11·8	3·5	8·5	—	—	—	8·45	—	10·55
6	—	—	(10·3)	10·9	3·65	8·0	—	—	—	8·0	(7·45)	9·8
9	—	6·6	8·5	8·7	3·8	6·9	—	6·85	6·8	7·3	6·65	7·7
12	—	—	7·2	6·7	4·0	6 45	6·25	6·2	6·1	—	5·95	6·15
15	—	(5·1)	6·3	5·3	4·05	5·95	5·8	5·85	5·7	—	5·3	5·2
20	—	4·8	5·5	4·8	4·07	5·4	5·4	5·3	5·45	5·4	4·45	4·5
25	—	(4·5)	5·0	4·4	(4·05)	—	—	4·8	4·75	4·85	4·2	4·1
30	—	4·3	4·6	4·2	(4·03)	4·45	—	4·4	4·5	4·45	4·1	3·95
35	—	(4·3)	4·6	4·1	4·05	4·05	—	4·1	4·35	4·15	4·0	3·90
45	—	4 25	—	—	—	—	—	[4·0]	—	—	4·0	—
45 (48?)	1·5(?)	4·25	—	—	—	—	—	—	—	[4·0]	[3·95]	—

Digitized by Google

Jezioro.

pniach Celsiusa.

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1892	1892	1892	1892	1892	1892	1892	1892	1893	1893	1892	1893	1893	1893
16/7	19/7	20/7	20/7	21/7	8/8	14/9	15/9	29/6	26/7	26/7	26/7	28/7	2/8
B. *b*	B. *c*	B. *d*	B. *e*	B. *f*	S.	S.	S.	S.	B. *a*	B. *b*	B. *c*	B. *d*	B. *e*
$x = 2{\cdot}5\ y = 2{\cdot}5$ $\zeta = 44$ m.	$x = 3{\cdot}0\ y = 5{\cdot}0$ $\zeta = 45$ m.	$x = 3{\cdot}0$ środ. $y = 4{\cdot}0$ jeziora $\zeta = 48$ m.	najw. głębia $x = 2;\ y = 4$ $\zeta = 49{\cdot}5$ m.	$x = 3{\cdot}0$ środ. $y = 4{\cdot}0$ jeziora $\zeta = 48$ m.	środ. jeziora	środ. jeziora	środ. jeziora	środ. jeziora	$x = 2{\cdot}2\ y = 2{\cdot}4$ $\zeta = 45$ m.	$x = 2{\cdot}7\ y = 3{\cdot}8$ $\zeta = 48{\cdot}5$ m.	$x = 2{\cdot}8\ y = 4{\cdot}8$ $\zeta = 47{\cdot}5$ m.	$x = 3{\cdot}7\ y = 4{\cdot}4$ $\zeta = 46$ m.	$x = 2{\cdot}1\ y = 5{\cdot}7$ $\zeta = 48$ m.
10·8	10·2	11·2	11·6	10·8	10·0	11·4	12·4	7·7	12·15	11·95	12·2	12·65	10·60
10·5	—	—	—	10·0	(9·65)	—	–	—	11·48	—	—	—	—
10·2	—	—	—	9·8	(9·25)	—	—	—	9·91	—	—	—	—
10·0	9·95	—	—	9·55	(8·85)	—	—	—	8·81	8·84	—	8·27	6·86
8·4	8·05	7·45	—	7·7	8·5	11·4	11·4	—	8·17	6·99	7·16	6·17	6·49
6·6	6·45	6·2	5·55	6·2	6·15	—	8·05	—	6·23	6·30	5·63	5·49	5·59
5·7	5·65	5·65	5·35	—	5·45	—	5·65	4·85	5·91	5·50	4·98	5·14	4·86
4·6	—	—	4·9	—	4·3	—	4·50	—	—	4·67	4·55	4·45	4·30
4·15	—	—	4·3	—	4·0	–	4·15	—	—	4·45	—	4·10	4·01
4·05	—	—	—	—	3·9	—	3·95	—	—	4·17	—	3·92	3·75
4·0	—	—	—	—	3·85	—	3·95	—	—	4·08	—	3·85	—
—	—	—	—	—	3·90	—	3·95	3·85	—	4·00	—	3·82	—
—	—	—	—	—	3·95	—	—	—	—	—	—	—	3·70

Objaśnienie skróceń:

Nazwiska obserwatorów: S = Świerz; G = Grissinger; B = autor niniejszej pracy.

Głoski *a, b, c,....* obok skróconych nazwisk obserwatorów, służą do wyróżnienia różnych szeregów pomiarów wykonanych przez tego samego obserwatora.

Głoski *x, y,* w nagłówkach są współrzędnemi prostokątnemi różnych stanowisk na powierzchni jeziora, na których odbywał się pomiar. Objaśnienie ich znajduje się w tekscie.

Głoska ζ oznacza głębokość jeziora (t. j. dna) na odpowiedniem stanowisku.

Liczby ujęte w klamrę [ ] są cokolwiek wątpliwe; zamknięte w nawiasach okrągłych ( ) pochodzą z interpolacyi porabolicznej nie całkiem bezpiecznej.

Digitized by Google

ciepłoty krakowskiej, przyjmuję średnie 20-to dniowe i tworzę dla owych czterech dat pomiaru następujące liczby:

1. Średnie (krakowskie) ciepłoty powietrza z 20-to dniówki, której środek wyprzedza datę pomiaru o dni 15 (t. j. której ostatni dzień leży na 5 dni przed datą pomiaru).

2. Średnią ciepłotę powietrza z 20-to dniówki, której środek wyprzedza datę pomiaru o dni 20 (ostatni jej dzień leży więc 10 dni przed datą pomiaru).

3. Takie same średnie dla 20-to dniówki, której środek wyprzedza datę pomiaru o dni 25.

4. Takie same średnie itd. z wyprzedzeniem 30 dni,

5. „ „ „ „ „ 35 „

6. „ „ „ „ „ 40 „

Liczby te są następujące:

	28/VI	20/VII	8/VIII	15/IX
1.	16·44°	17·81°	16·72°	18·27°
2.	16·87	18·17	16·62	20·61
3.	18·03	17·23	17·50	21·05
4.	16·49	17·77	17·14	20·74
5.	15·86	16·45	17·85	19·27
6.	14·25	16·61	18·13	17·69.

Liczby pierwszych trzech szeregów posiadają zmienność (uważaną w kierunku poziomym) zupełnie odmienną od rodzaju zmienności czterech liczb w szeregu *(A)*; nietylko bowiem, że obszar zmienności ich 18·3 — 16·4 = 1·9, wzgl. 20·6 — 16·6 = 4·0 i 21·1 — 17·2 = 3·9) jest mniejszy, aniżeli obszar zmienności (11·4 — 6·65 = 4·75) w szeregu *(A)*, ale co ważniejsza, to że krzywe im odpowiadające (gałązki) przedstawiają załomy (między 20/VII a 8/VIII, wzgl. 28/VI a 20/VII), których niema wcale w szeregu *(A)*. Żaden z trzech szeregów (1, 2 i 3) nie może więc tłómaczyć rzeczy; tem mniej jeszcze może nadawać się do tego szereg ostatni (t. j. 6), w którym czwarta liczba (17·7) występuje już jako zniżka poprzedzającej (18·1°), tam właśnie, gdzie szereg *(A)* wykazuje zwyżkę przeszło 3° C. wynoszącą. Pozostają zatem tylko dwa szeregi 4 i 5 jako jedyne powyższego zestawienia, które wykazują zmienność analogiczną do tej, jaką daje szereg *(A)*, a już to samo wskazuje wyraźnie na blizko 30-to dniowe opóźnienie fazy. Można jednak ten czas jeszcze nieco dokładniej wyznaczyć w następujący sposób.

Przypuszczając szereg nr. 4, od którego liczb (jako od argumentów) mają być zależne liczby *(A)*, przyjmijmy najprostszy związek,

Digitized by Google

jaki w tej mierze można sobie tutaj pomyśleć: $\tau = a + b\,t$, gdzie τ są liczbami szeregu *(A)*, t liczbami szeregu (4), zaś a, b pewnemi stałemi. Wyniki dyskussyi rocznych zmian ciepłoty na powierzchni jeziora, uprawniają nas do wyboru takiej właśnie postaci funkcyi. Zobaczmy, z jaką dokładnością dadzą się liczby *(A)* wyrazić tą formą wówczas, gdy niezgodności rachunku z obserwacyą sprowadzimy do minimum zapomocą stosownego doboru stałych a i b. Dla ich wyznaczenia mamy cztery równania:

$$\begin{aligned} a + 16{\cdot}49\,b &= 6{\cdot}65 \\ a + 17{\cdot}77\,b &= 7{\cdot}60 \\ a + 17{\cdot}14\,b &= 8{\cdot}25 \\ a + 20{\cdot}74\,b &= 11{\cdot}40. \end{aligned}$$

które wyrównane metodą najmniejszych kwadratów dają naprzód dwa równania:

$$\begin{aligned} 4{\cdot}00\,a + \quad 72{\cdot}14\,b &= 33{\cdot}90 \\ 72{\cdot}14\,a + 1311{\cdot}62\,b &= 622{\cdot}55, \end{aligned}$$

skąd $a = -10{\cdot}57$, $b = +1{\cdot}0557$. Nie wchodząc w to, czy to wyznaczenie jest już blizkie rzeczywistości, obliczmy pozostałe niezgodności (w sensie obserw.-rach.); są one:

(4) $-0{\cdot}18$, $-0{\cdot}59$, $+0{\cdot}72$, $+0{\cdot}08$, (średni błąd $\pm 0{\cdot}48$).

Biorąc dalej za argument liczb τ nie liczby szeregu (4), ale szeregu (5) i postępując jak dopiero co, wyznaczymy najpierw wartości (najprawdopodobniejsze) obu stałych a, b, a to $a = -13{\cdot}96$, $b = +1{\cdot}2928$, a wreszcie pozostałe różnice (obserw.-rach.):

(5) $+0{\cdot}12$, $+0{\cdot}30$, $-0{\cdot}85$, $+0{\cdot}46$, (średni błąd $\pm 0{\cdot}51$).

Stąd widać, że przejście od liczb szeregu (4) do liczb szeregu (5) wywołuje zmianę znaku w przeważnej części tych różnic, co jeszcze lepiej występuje, jeżeli utworzymy w obu razach różnicę dwóch sąsiednich liczb (n. p. $-0{\cdot}59 - (-0{\cdot}18) = -0{\cdot}41$ i t. d.), mianowicie

$$\begin{aligned} &-0{\cdot}41, \quad +1{\cdot}31, \quad -0{\cdot}64 \\ &+0{\cdot}18, \quad -1{\cdot}15, \quad +1{\cdot}31, \end{aligned}$$

a to wskazuje, że najwłaściwszym argumentem temperatur τ (w szeregu *A)* będą temperatury t w pośrodku między ciepłotami (4) i (5) leżące. Z uwagi, że średnie błędy są w obu razach prawie równe ($\pm 0{\cdot}48$ i $\pm 0{\cdot}51$), wnosimy, iż szukane opóźnienie fazy wynosi blizko 32 dni, że więc maximum ciepłoty w głębokości 9 metrów nastąpiło około 20. września 1892.

Digitized by Google

Jeżeliby ten wniosek spotkał się z niedowierzaniem, to wystarczy mi przypomnieć, że takie same, a nawet jeszcze większe opaźnianie się pory maximum rocznego, skonstatowano niewątpliwie tak co do rocznego ruchu ciepłoty gruntu, jakoteż morza w niewielkich już głębokościach pod poziomem. I tak J. D. Forbes[1]) w pobliżu Edymburga znalazł

	pora maximum rocznego ciepłoty w głębokości			
	1 m.	1·9 m.	3·9 m.	7·8 m.
w gruncie dolerytowym	2. sierpnia	2. września	17. paźdz.	8. stycznia
„ „ piaskowym	31. lipca	24. sierpnia	7. paźdz.	30. grudnia;

w głębokości więc niecałych 8 metrów pora maximum rocznego przypada niemal na porę rocznego minimum ciepłoty na samej powierzchni. Podobne opóźnienie fazy wykazano na kilku obszarach oceanu Atlantyckiego[2]).

Ponieważ wszelka funkcya w pobliżu swego maximum wzrasta już tylko bardzo powoli, przeto nie oddalimy się zbytnio od prawdy, przyjmując maximum wrześniowe ciepłoty wody w 9 metrach głębokości na 11·45° lub 11·5°. To opóźnienie fazy daje się dostrzedz nawet jeszcze w głębokościach 12 i 15 metrów. Według tabeli (str. 322. i 323.) mamy w tym samym roku

	28/VI	20/VII	8/VIII	15/IX
głębokość 12 m.	5·95	6·2	6·15	8·05° C.
„ 15 „	5·3	5·65	5·45	5·65.

Wzrost ciepłoty ostatniej głębokości jest już bardzo skromny; wystąpiłby on zapewne nieco wybitniej, gdyby istniał późniejszy pomiar termometryczny tej warstwy, n. p. październikowy. Szczupłość dat nie pozwala znaleźć wielkości opóźnienia w tych warstwach głębszych; jeżeli jednak zważymy, że w następnej (tabelarycznej) głębokości 20 m. owe cztery ciepłoty są

4·45, 4·5 (blizko), 4·3, 4·5° C.,

[1]) Według poszukiwań Elie de Beaumonta ciepło zewnętrzne potrzebuje około 38 dni na przebycie warstwy gruntu stałego o grubości 1 metra (C. Vogt. Lehrbuch der Geologie, Braunschweig 1846, Bd. I. pag. 28). To opóźnienie jest połączone równocześnie ze szybkim ubytkiem amplitudy rocznej, która w strefie umiarkowanej, w głębokości 8 m., wynosi już tylko 1° C., a znika zupełnie w głębokości 20—24 m.

[2]) Everett. Eighteenth Report of the Committee appointed for the purpose of investigating the rate of increase of Underground Temperature downwards in various localities of dry land and under water (Nature, a weekly journal of science, 3 oct. 1889, pag. 551; także w 11-tem sprawozdaniu tego samego komitetu, Nature vol. XIX pag. 304).

Digitized by Google

a więc prawie już stałe, to w głębokościach 12 i 15 metrowych należy przyjąć co najmniej $1^1/_2$ miesięczny czas opóźnienia się fazy. Dla tych trzech warstw wodnych — uważając je zawsze w środku jeziora — daje się rzecz ta rozważyć jeszcze w następujący sposób. Przyjmując dzień 28. czerwca 1892. za początek, a miesiąc (30-dniowy) za jednostkę czasu θ, będziemy mieli według poprzedniego

	$\theta = 0{\cdot}00$	0·73	1·37	2·63
9 m.	$\tau =$ 6·65°	7·6°	8·25°	11·4°
12 m.	5·95	6·2	6·15	8·05
15 m.	5·3	5·65	5·45	5·65,

a teraz starajmy się zależność liczb τ od czasu θ przedstawić empirycznym wzorem. dla każdego poziomego wiersza z osobna. Otrzymamy zwykłym sposobem następujące trzy wzory:

$$\tau =$$

9 m. $\quad 6{\cdot}65 + 1{\cdot}83\,\theta - 0{\cdot}999\,\theta^2 + 0{\cdot}3764\,\theta^3$

12 m. $\quad 5{\cdot}95 + 1{\cdot}00\,\theta - 1{\cdot}219\,\theta^2 + 0{\cdot}4341\,\theta^3$

15 m. $\quad 5{\cdot}30 + 1{\cdot}22\,\theta - 1{\cdot}238\,\theta^2 + 0{\cdot}3141\,\theta^3,$

z czego biorąc pochodne $\frac{d\tau}{d\theta}$, otrzymamy wyrażenia chyżości v zmiennej z czasem

$$v =$$

9 m. $\quad 1{\cdot}83 - 1{\cdot}998\,\theta + 1{\cdot}1292\,\theta^2$

12 m. $\quad 1{\cdot}00 - 2{\cdot}438\,\theta + 1{\cdot}3023\,\theta^2$

15 m. $\quad 1{\cdot}22 - 2{\cdot}476\,\theta + 0{\cdot}9423\,\theta^2.$

Żadna z tych trzech krzywych gałązek na uważanej tu przestrzeni czasu ($0 < \theta < 2{\cdot}63$) nie posiada maximum, natomiast wszystkie trzy wykazują minima chyżości v, które są niewątpliwie w związku ze znaczną depresyą temperatury powietrza, jaka podczas lipca 1892. panowała [1] w całej środkowej Europie. Dla czasu każdego z tych trzech

[1] Kraków, który w tej mierze najwięcej musi nas obchodzić, posiadał następujący rozkład temperatur, począwszy od 1. czerwca 1892:

dziesięciodniówka	1/6—10/6	średnia ciepłota	16·54° C.
„	11/6—20/6	„ „	16·69
„	21/6—30/6	„ „	18·86
„	1/7—10/7	„ „	17·49
„	11/7—20/7	„ „	16·48
„	21/7—30/7	„ „	16·60
„	31/7— 9/8	„ „	17·21
„	10/8—19/8	„ „	20·07

Digitized by Google

minimów znajdujemy kolejno $\theta = 0{\cdot}88$, $0{\cdot}94$, $1{\cdot}31$, co odpowiada dniom 24. lipca, 26. lipca i 6. sierpnia tak, że opóźnienie faz ciepłoty w głębokości 15 metrów wynosiłoby około 2 tygodni w porównaniu z fazami jej w głębokości 9 metrów, a więc około $1^1/_2$ miesiąca w porównaniu z fazami ciepłoty powietrza. W dostatecznie wielkiej głębi opóźnienie takie mogłoby — analogicznie do tego, co stwierdzono o zmianach rocznych ciepłoty pod poziomem gruntu stałego — spowodować, że maximum roczne przypadałoby tam właśnie w pobliżu pory minimum ciepłoty powietrza, a więc w zimie. Zimowe sondowanie termometryczne Jeziora Rybiego — jedyne jakie istnieje do tej pory — dało ciepłotę $4{\cdot}05^0$ w głębokości 35 metrów, podczas gdy najniższe ciepłoty latem (r. 1892.) tam znalezione wynoszą $3{\cdot}85^0$ i $3{\cdot}90^0$. Nie śmiem utrzymywać, czy drobna zwyżka $0{\cdot}15^0$ lub $0{\cdot}2^0$ może wskazywać na istnienie objawu, o którym tu mówimy [1]), tembardziej, że po inne lata znajdujemy tam w miesiącach letnich znowu ciepłoty nieco wyższe od $4{\cdot}05^0$ (Dr. Grissinger w r. 1886).

Bardziej pewne wnioski dają się wysnuć z rozważania wielkości rocznej amplitudy w rozmaitych głębokościach z, do czego najlepiej użyć letnich pomiarów z r. 1892., jakoteż jedynych zimowych z r. 1891. Zważając, że najwyższa średnia dzienna na powierzchni Rybiego w r. 1892. wynosiła $15{\cdot}0^0$ (dnia 19. sierpnia), zaś maximum ciepłoty w głębokości 12 m. blizko $8{\cdot}2^0$, otrzymamy zestawienie (zawsze w środku jeziora)

z	marzec pod lodem	lato	amplituda (lato-zima)
0 m.	$0{\cdot}2^0$	$15{\cdot}0^0$	$14{\cdot}8^0$ C.
9	3·8	11·5	7·7
12	4·0	8·2	4·2
15	4·05	5·7	1·65
20	4·07	4·5	0·43
25	4·05	4·2	0·15
30	4·05	3·9, 3·95, 4·1 średnio 3·98	— 0·15, — 0·1, + 0·05 średnio — 0·07
35	4·05	3·93	— 0·12
40	(4·05)	3·95	— 0·10

Dnia 19. lipca 1892 notowałem nad Rybiem m. i. następujące ciepłoty powietrza:

$6^h a.$	$10^h a.$	$2^h p.$	$7^h p.$	$10^h p.$
$4{\cdot}9^0$	$6{\cdot}1^0$	$5{\cdot}9^0$	$6{\cdot}5^0$	$5{\cdot}6^0$ C,

a mało co wyższe w dniach sąsiednich.

[1]) Te okoliczności usprawiedliwią mię zapewne, dlaczego tyle skrupulatności użyłem, wprowadzając poprawki z powodu błędu zera na termometrach, kontrakcyi

Digitized by Google

(Przedostatnia liczba 3·93° jest średnią z trzech 4·0, 3·85 i 3·95 na środku jeziora znalezionych; ostatnia zaś 3·95 średnią z trzech 4·0, 3·90, i 3·95, wszystkie z r. 1892).

Stąd wnoszę, iż roczna amplituda temperatury pod powierzchnią wody maleje zrazu bardzo szybko, później coraz wolniej, a w głębokości blizkiej 30 m. staje się prawie zerem. Tam więc znikają zmiany roczne. Poniżej tej głębokości istnieją — zdaje się — jeszcze drobniutkie zmiany temperatury, ale już raczej z odjemną amplitudą[1]) około 0·1° wynoszącą. O przyczynie tych zmian — jeżeli rzeczywiste istnienie ich wykaże obszerniejszy, niż dotąd, materyał obserwacyjny — nie da się obecnie nic pewnego powiedzieć. Różność termometrów używanych, pomimo porównania ich ze sobą nie zawsze może poręczać jedną dziesiętną stopnia C., jak o tem wie dobrze każdy meteorolog. Niezupełna identyczność miejsca jeziora, które raz i drugi uważano za jego środek, nakazuje zachować jeszcze większą ostrożność w wysnuwaniu stąd dalekich wniosków. Czy mamy tutaj do czynienia z bardzo znacznem opaźnianiem się fazy zmian rocznych, a może nawet przeszłorocznych, dałoby się wykazać dopiero zapomocą czułego termometrografu, który musiałby jednak najmniej przez pół roku funkcyonować w pewnem stałem miejscu na dnie jeziora, o co nieprędko się kto pokusi. Kwestyę, czy mamy tutaj przed sobą, mało dotąd wyjaśnione, zmiany ciepłoty podobne do tych, jakie niewątpliwie stwierdzono w wielkich głębokościach jezior szwajcarskich, a zwłaszcza Jeziora Genewskiego, nie da się co do jezior tatrzańskich stanowczo rozstrzygnąć przed upływem jakich 20 lat. W porównaniu z takiem Jeziorem Genewskiem, którego głębokie son-

---

sznura i t. d. Nie było jej za wiele. Traf jedynie umożliwił mi (27. lipca 1893.) porównać (trzykrotnie) termometr prof. Świerza z moim (Rohrb. nr. 1), którego korekcyą (w pobliżu 4°, wynoszącą + 0·06°) najstaranniej wyznaczyłem poprzednio. Poprawkę pierwszego z tych termometrów znalazłem równą — 0·05° C. Gdy więc ten termometr dawał ciepłoty nieco za wysokie, a prof. Świerz — jak sam mi to powiadał — „zmiany małej sznura we wodzie" nie uwzględniał, to widocznem było, że obydwa błędy (latem) się sumowały, dając: za wielkie temperatury w za wielkich głębokościach. W małych głębokościach dawało się to tolerować; wobec drobnych jednak zmian w znacznych głębokościach błąd stąd wynikły może doprowadzić do wniosków całkiem fałszywych.

[1]) To co tutaj może być w tej chwili tylko domysłem co do jezior, jest co do źródeł tatrzańskich (posiadających prawie niezmienną ciepłotę) faktem niewątpliwym. Źródło Goszczyńskiego w Dolinie Kościeliskiej, źródło „pod Opalonym" w Dolinie Rybiego (i inne jeszcze) wykazują zimą ciepłoty nieco wyższe, aniżeli w lecie. Własnych pomiarów ciepłoty źródeł nie umieszczam tutaj, ażeby objętości pracy niniejszej zbyt nie powiększać.

Digitized by Google

dowania termometryczne istnieją od r. 1779, jesteśmy z jeziorami tatrzańskiemi dopiero na samym początku, mogąc wykazać dotąd zaledwie 10-letni okres (1883—1893) pomiarów, początkowo i tak nieco wątpliwych. Szkoda, że liczbie (7·7°C), jaką Staszic (r. 1805) jako ciepłotę wody na dnie Rybiego podaje, ufać niepodobna, jakoteż że L. Zejszner, który w połowie XIX-go stulecia tyle zasłużył się badaniem Tatr, nie wykonał żadnego sondowania termometrycznego.

F. A. Forel w jednej z prac swoich [1]), proponując ogólny podział wszystkich jezior (na 3 typy: zwrotnikowe, strefy umiarkowanej i podbiegunowej; każdy typ rozpadający się na klasy), formułuje swój pogląd na zmiany ciepłoty w blizkości dna jezior, mówiąc m. i. „Les recherches modernes nous ont appris l'insuffisance de la théorie classique, qui attribuait au fond des lacs d'eau douce une température constante et uniforme de 4° C. ...", a następnie wprowadza do nauki — prócz zmian dziennych i rocznych — także zmiany nieokresowe przywiązane do dłuższego lat przeciągu, które zowie *„variations lustrales"*. Szczegóły, które przytoczyłem o Rybiem, a które zostaną potwierdzone pomiarami drugiego jeszcze głębokiego jeziora tatrzańskiego (Staw Czarny pod Kościelcem zob. niżej), pozwalają już dzisiaj z wielkiem prawdopodobieństwem wnosić, że nieokresowe zmiany wieloroczne [2]) występują także i w głębokich jeziorach tatrzańskich. Zanim jednak pomiary w latach następnych nie stwierdzą tego objawu z całą stanowczością, byłoby przedwczesnem wdawać się w ich tłómaczenie; w każdym razie należałoby się tylko domyślać, że zmiany takie pozostawałyby w ścisłym związku z ogólną klimatyczną cechą kilku lat poprzedzających pomiar głębinowy.

ROZDZIAŁ VII.

Powierzchnie isotermiczne Rybiego. Inne szczegóły termicznej mechaniki jeziora.

Pierwsze pomiary skierowane wyłącznie w celu lepszego poznania zależności temperatury wody w pewnej stałej głębokości od miejsca,

[1]) Forel Classification thermique des lacs d'eau douce, w Compt. rend. etc. Tome 108 (z r. 1889) pag. 587; o czem nadto pobieżna recenzya w Peterm. Mittheil. Bd. 37 (ex 1891) pag. 175.

[2]) Tak pozwalam sobie przełożyć na język polski wyrażenie Forela „lustrale". *Lustrum* = 5-letni, ogólniej kilkuletni, przeciąg czasu.

Digitized by Google

na którem pomiar się odbywa, wykonałem na Rybiem w godzinach popołudniowych dnia 19. lipca 1892. Pomiary te, wykonane wprawdzie z wielką oględnością, mają przecież dwa niedostaki; obydwa tyczą się wyłącznie stanowisk obranych na jeziorze. Nasamprzód wybór tych stanowisk nie był należytym, a powtóre samo oznaczanie raz zajętego stanowiska było za mało dokładne, nawet w porównaniu ze skromną pod tym względem dokładnością późniejszych moich pomiarów. Co do pierwszego, to zauważę, że oceniając wówczas jeszcze za nizko znaczenie dopływów (zwłaszcza „małych“, zimnych), obrałem „oś“ jeziora, t. j. najdłuższą cięciwę jego rysunku, za podstawę operacyjną, wzdłuż której sondowania termometryczne miały się wykonywać, a w dodatku nie zdołałem (z innych znowu przyczyn) wyzyskać całej tej linii, lecz tylko około $\frac{2}{3}$ całej jej długości, licząc od moreny (więc od schroniska). Z tej linii wprawdzie nie wykroczyłem tratwą w prawo lub w lewo dzięki ustawicznemu oryentowaniu się podług dwóch wybitnych krańców tej linii po brzegach, ale samo oznaczanie mego stanowiska na tej „osi“ pozostawiało wiele do życzenia. Gdy jedna z trzech przeszłorocznych moich „mir“ (zob. wyżej) przestała istnieć (flaga na węgierskiem schronisku pod Żabiem, spalona wraz z domem w późnej jesieni r. 1891), nie mogłem teraz używać ze skutkiem busoli Krafft'a, chociaż była pod ręką. Druga część całej czynności, t j. właściwy pomiar termometryczny, odbyła się za to wśród warunków bardzo sprzyjających, przy względnej pogodzie i spokoju na jeziorze. Termometr pozostawał w wodzie 10—12 minut. Dzień będący na schyłku nie pozwalał na stanowisku wykonać więcej aniżeli trzy (raz 4) sondowania w miernych głębokościach. Znaleziono:

Stanowisko na osi w	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{3}$ jeziora
głębokość 6·7 m.	9·7°	9·4°	9·5° C.
9·6	7·95	7·6	7·7
12·4	6·30	6·1	6·3
16·2	—	—	5·55

Jedyny pewniejszy wniosek, jaki stąd dawał się wyciągnąć, był ten, że w średnich głębokościach środek jeziora jest na tym samym poziomie nieco zimniejszy aniżeli przód jego, t. j. część bliższa morenie. Tyłu jeziora (tj. $\frac{1}{3}$ od moreny) niepodobna było już badać z powodu zapadającego zmierzchu.

Pomimo wszystkiego nie mogłem wątpić, że powierzchie isotermiczne Rybiego nie są dokładnie płaszczyznami poziomemi,

Digitized by Google

a jeżeli już płaszczyznami, to chyba tylko ku przodowi jeziora pochylonemi (dokładniej mówiąc, ku północy, gdyż morena zbacza dość znacznie od położenia E—W). Pokusiłem się wówczas nawet o przybliżone obliczenie wielkości tego pochylenia w kierunku „osi" jeziora. Interpolacyą (paraboliczną) wyznaczyłem nasamprzód (z danych oberwacyjnych) głębokości z, w których na uważanych stanowiskach woda posiadała dokładnie ciepłoty 9°, 8°, 7° C., a następnie przez dwa takie punkty (podwodne), odpowiadające dwom z moich trzech stanowisk, w których ciepłota wynosiła n. p. 7° przeprowadzałem (rachunkiem) linię prostą, którą analitycznie określiwszy, łatwo już można było oznaczyć wielkość samego jej nachylenia [1]). Zwięźle przytoczony rachunek objaśni rzecz najlepiej.

Przedstawiwszy zmienność temperatury z głębokością z na stanowisku np. 1-szem (w obrębie sondowania) związkiem empirycznym

$$\tau = a + bz + cz^2$$

i wyznaczając stałe a, b, c z dat pomiaru, znajdujemy

$$a = +\,13{\cdot}90, \quad b = -\,0{\cdot}6435, \quad c = +\,0{\cdot}00246$$

tak, iż wzór

$$13{\cdot}90 - 0{\cdot}6435\,z + 0{\cdot}00246\,z^2 = \tau$$

pozwoli ze znacznem przybliżeniem znaleźć głębokości, w których — na uważanem stanowisku — temperatura wody posiadała wartość przepisaną (a między 9·7° i 6·3° leżącą). Kładąc tutaj kolejno $\tau = 9°, 8°, 7°$ i rozwiązując każdym razem powyższe równanie, znajduję

stanowisko 1.	$\tau =$	9°	8°	7° C.
	$z =$	7·85	9·52	11·20 metrów.

Podobnie z danych na 2-em stanowisku zebranych, znalazłem nasamprzód

$$a = +\,14{\cdot}52, \quad b = -\,0{\cdot}8641, \quad c = +\,0{\cdot}01493,$$

a następnie sposobem tym samym co poprzednio

stanowisko 2.	$\tau =$	9°	8°	7° C.
	$z =$	7·31	8·92	10·67 metrów;

[1]) Później żałowałem, że trzy stanowiska obrałem wówczas na jednej linii prostej, gdyż inaczej mógłbym był przez wszystkie trzy punkty podwodne (z ciepłotą np. 7°) przesunąć (rachunkiem) całą płaszczyznę isotermiczną, której współczynniki wyznaczywszy, otrzymałbym nie tylko nachylenie jej do poziomu, ale także jej oryentacyę, t. j. stronę, w którą się pochylała. Tak też właśnie postąpiłem w roku następnym.

Digitized by Google

wreszcie z danych 3go stanowiska znaleziono najpierw

$$a = +14{\cdot}71, \quad b = -0{\cdot}8949, \quad c = +0{\cdot}01746,$$

a następnie

stanowisko 3.	$\tau = 9^0$	8^0	7^0 C.	
	$z = 7{\cdot}47$	9·12	10·95	metrów.

Chcąc temu i tak tylko przybliżonemu obliczeniu zapewnić większą nieco dokładność, połączyłem [1]) najmniej różniące się między sobą liczby stanowisk 2 i 3 w średnie, co naturalnie dało mi miejsce pośrednie w $\frac{1}{2}$ ($\frac{2}{5} + \frac{3}{5}$), t j. środku osi jeziora leżące, a tak otrzymałem:

	9^0	8^0	7^0 C.	
środek jeziora	7·39	9·02	10·81	metrów
od przodu $\frac{1}{5}$ „	7·85	9·52	11·20	„
czego różnice	0·46	0·50	0·39	„ .

Tyle wynoszą pogłębienia płaszczyzny isotermicznej odpowiadającej ciepłotom 9^0, 8^0 i 7^0 na przestrzeni od środka jeziora aż do stanowiska Igo. Wobec długości osi jeziora, wynoszącej prawie 780 m., odległość wzajemna tych dwóch miejsc wynosi $(\frac{1}{2} - \frac{1}{5})$ $780 = 234$ m. (około), a to pozwala, łącznie z poprzedniem, obliczyć małą pochyłość każdej z uważanych warstw, oczywiście tylko w kierunku „osi“ jeziora. Bliskość wzajemna wszystkich trzech liczb świadczy z jednej strony, że mamy przed sobą rzeczywisty objaw przyrody, nie zaś jakie złudzenie, z drugiej strony jednak wskazuje, iż byłoby zbytecznem szukać owego nachylenia u każdej isotermy z osobna. Z pewnością bezpieczniej będzie utworzyć z nich średnią (= 0·45 m.) i uważać ją za średnie pogłębienie się isotermy (8^0) ku przodowi jeziora na uważanej jego przestrzeni. Dla kąta nachylenia i (t. j. spadku), jaki zamyka ona z poziomem, będzie teraz

$$tang\ i = \frac{0{\cdot}45}{234}.$$

skąd $i = 0^0\,6{\cdot}6'$, spadek jest więc całkiem łagodny na tej przestrzeni i w uważanym kierunku. Wykonywając to obliczenie nie przypuszczałem, że głębsze warstwy isotermiczne mogą posiadać bezwzględne nachylenie (t. j. w należytym kieruku uważane) dwadzieścia

[1]) W niemożności przesunięcia niepionowej płaszczyzny przez 3 punkty, których rzuty poziome znajdują się na jednej linii prostej.

Digitized by Google

i więcej razy od tego tu większe, jak to z przyszłorocznych (1893) moich sondowań niewątpliwie wynikło. Różnice głębokości z powierzchni isotermicznych 9°, 8°, 7° zdawały się nawet zdradzać, że powierzchnie te nie są bynajmniej płaszczyznami, ale jakiemiś powierzchniami krzywemi.

Nieporównanie większą dokładność posiadają moje pomiary z r. 1893, które specyalnie w tym celu wówczas wykonałem. Raz, że nauczony doświadczeniem roku poprzedniego, postarałem się o kilka mir bądź naturalnych, bądź też sztucznych, do których dyoptrą busoli Krafft'a z tratwy celowałem, skutkiem czego mogłem teraz jej stanowiska oznaczać (na kopii karty Dziewulskiego) znacznie dokładniej, aniżeli w roku ubiegłym, powtóre zaś dlatego, że obecnie pracowałem z termometrem (Rohrbeck Nr. 1) o wiele dokładniejszym od wszystkich kiedykolwiek tutaj używanych (zob. rozdział V).

Lepiej niż wszelkie długie opisy objaśni rzecz naszą samo — jak najzwięźlejsze — przytoczenie liczb głównego w tej mierze pomiaru, oraz rachunków, które na jego podstawie wykonałem.

W dniach 26, 27, 28 lipca i 2. sierpnia 1893. wykonałem na Rybiem szereg głębszych sondowań termometrycznych na sześciu rozmaitych miejscach jeziora. Oznaczam je kolejno głoskami *a, b, c, d, e, f*. Bezpośrednie wyniki pomiarów zestawiam tabelarycznie jak następuje:

głębokość z	a	b	c	d	e	f
0 m.	12·15°	11·95°	—	12·65°	10·60°	13·63° C.
1·72	11·64	—	—	—	—	—
3·46	10·27	—	—	—	—	—
6·10	8·77	8·78	—	8·20	6·83	—
8·50	—	—	—	—	—	6·95
8·73	8·35	7·12	7·34	6·32	6·56	6·52
11·40	6·51	6·45	5·84	5·57	5·77	—
14·92	5·96	5·52	4·97	5·15	4·87	4·82
19·37	—	4·74	4·57	4·53	—	—
23·85	—	4·48	—	4·16	4·08	—
29·85	—	4·18	—	3·92	—	—
40·00	—	4·00	—	3·82	—	—
44·80	—	—	—	—	3·70 (dno)	—

Potrzeba było obliczyć, — ile możności jak najskrupulatniej — głębokości każdego z tych sześciu szeregów, w których temperatura przybiera wartości 6°, 5°, 4·5°, 4° (zastosowałem tutaj rachunek także

Digitized by Google

do isotermy 4·5° z powodu, że zmianie ciepłoty od 5° do 4° odpowiada znaczny już przyrost głębokości). Z wielką oględnością przeprowadziłem rachunki interpolacyjne i to w dwojaki sposób, ażebym mógł sam się przekonać, w jakim stopniu da się zaufać głębokościom w ten sposób obliczonym.

W następującej tabelce zestawiam wyniki tych przygotowawczych obliczeń, dołączając zarazem prostokątne współrzędne stanowisk *a, b, c, d, e, f*. Położenie osi tych współrzędnych objaśniam poniżej.

Stanowisko	w hektometrach		głębokość z wyrażona w dekametrach dla ciepłot			
	x	y	6° C.	5° C.	4·5° C.	4° C.
a	2·2	2·4	1·466	—	—	—
b	2·7	3·8	1·305	1·756	2·303	4·000
c	2·8	4·8	1·100	1·477	2·015	—
d	3·7	4·4	0·958	1·596	1·964	2·823
e	2·1	5·7	1·069	1·435	1·777	2·508
f	1·8	3·4	1·200	—	—	—

Stanowiska *a*, *b* .... są tutaj oznaczone współrzędnemi prostokątnemi x, y odnoszącemi się do karty Dziewulskiego (sporządzonej na milimetrowym papierze); kierunek „poprzecznicy“ zero, idący prawie równolegle do moreny jeziora obrałem za oś $x^{ów}$, kierunek „podłużnicy“ zero, postępujący prawie wzdłuż największej długości jeziora, a za oś $y^{ów}$.

Z karty widać, iż początek *0* tak obranych współrzędnych znajduje się już poza jeziorem, że mianowicie przypada u stóp grzbietu „Miedziane“ w odległości 70 (±) metrów od brzegu.

Dla dogodności następujących obliczeń przyjęto za jednostkę współrzędnych x, y jeden hektometr, natomiast dla współrzędnej pionowej z (liczonej od poziomu jeziora na dół) jeden dekametr.

Dodatne kierunki osi $x^{ów}$ i $y^{lonów}$ są przytem tak obrane, iż żadna z tych współrzędnych nie może stawać się odjemną na powierzchni wody.

Tabelka okazuje, że tylko co do isotermy 6° rozporządzamy tutaj liczbami odnoszącemi się do wszystkich sześciu stanowisk; głębokości pozostałych trzech isoterm (5°, 4·5°, 4°) dały się podać tylko 3 lub 4. Gdy stanowiska nie leżały teraz na jednej linii prostej (jak to było w roku poprzednim), można było z danych już trzech stanowisk wynaleźć położenie płaszczyzny isotermicznej, oznaczyć jej ory-

Digitized by Google

entacyę i nachylenie do poziomu; większa niż 3 ilość danych umożebniała nawet rzecz pojąć ogólniej: porzucić przypuszczenie płaskości, a przyjąwszy w ogólności krzywe powierzchnie isotermiczne, starać się rachunkiem wynaleźć jakość tego krzywienia się, chociażby w ogólnych zarysach. Rzeczywiście dało się to wykonać przynajmniej co do jednej isotermy (6° C.) dzięki właśnie temu, że posiadamy aż sześć punktów (podwodnych), przez które ta powierzchnia musi tu przechodzić.

Był pewien kłopot, jak najdogodniej urządzić rachunek, a w ogólności, czy zastosować tutaj jakiś *modus* w połowie rachunkowy, w połowie zaś graficzny, czy też wyłącznie rachunkiem się posłużyć. Gdy rzecz dzieje się w przestrzeni trójwymiarowej a nie na płaszczyźnie, użycie metody graficznej — pomijając już mniejszą jej dokładność — sprawiało trudności, wobec czego wolałem pozostać wyłącznie przy rachunku. Rozumowałem przytem w następujący sposób. Gdyby powierzchnie isotermiczne były płaszczyznami, a w dodatku poziomemi, to równaniem którejkolwiek z nich byłoby $z =$ stałej; gdyby były one płaszczyznami wprawdzie, ale ogólnemi, t. j. wogóle do poziomu pod pewnym kątem nachylonemi, z nachyleniem skierowanem w pewną stronę, to za równanie takiej płaszczyzny należałoby przyjąć związek $z = \alpha_0 + \alpha_1 x + \alpha_2 y$, gdzie — w przypuszczeniu małego tylko nachylenia — stałe α_1, α_2 musiałyby posiadać (w porównaniu z α_0) tylko małe wartości.

Porzucając wreszcie przypuszczenie (mało i tak prawdopodobne) płaskości uważanych warstw, należałoby po prawej stronie ostatniego związku przyłączyć jeszcze inne wyrazy od współrzędnych x, y zależne, różne postacią od tam już istniejących, a więc napisać związek kształtu

$$z = \alpha_0 + \alpha_1 x + \alpha_2 y + \alpha_3 x^2 + \alpha_4 xy + \alpha_5 y^2 + \alpha_6 x^3 + \alpha_7 x^2 y + \ldots,$$

gdzie ilość wyrazów prawej strony musiałaby się zastosować do liczby stanowisk, na których termometryczne sondowania zostały wykonane. Analitycznie biorąc, równanie takie wyobraża jakąś powierzchnię stopnia 2go, 3go i t. d., stosownie do liczby istniejących po prawej stronie wyrazów. Przy trzech tylko wyrazach mamy ogólną płaszczyznę, przy 6-ciu powierzchnię 2go stopnia, przy 10-ciu powierzchnię stopnia 3go i t. d., wszystkie — jak tego natura rzeczy żąda — uważane jako mierne deformacye płaszczyzny poziomej. Wobec niewielkiej liczby stanowisk, na których zdołałem dotąd takie specyalne pomiary wykonać, nie było co myśleć o dalekiem zapuszczaniu się do powierzchni wysokiego stopnia; sześć wszelako stanowisk, dla których punkty

Digitized by Google

leżące na powierzchni isotermicznej 6° C. są znane, umożebniło po raz pierwszy zastosowanie powierzchni 2go stopnia do tego ciekawego zadania. Biorąc za równanie powierzchni isotermicznej 6° związek

$$z = \alpha_0 + \alpha_1 x + \alpha_2 y + \alpha_3 x^2 + \alpha_4 xy + \alpha_5 y^2$$

i korzystając z liczb ostatniej naszej tabelki, otrzymamy na wyznaczenie parametrów α_0, α_1, ... α_5 układ sześciu równań, które rozwiązując znajdujemy:

$$\alpha_0 = +0{\cdot}6212\ ,\quad \alpha_1 = +0{\cdot}9891\ ,\quad \alpha_2 = +0{\cdot}1340\ ,$$
$$\alpha_3 = -0{\cdot}23425,\quad \alpha_4 = -0{\cdot}09141,\quad \alpha_5 = -0{\cdot}00633.$$

Ponieważ wyróżnik $(\alpha_4^2 - 4\alpha_3\alpha_5) = +0{\cdot}00242$ jest tutaj dodatnym, więc nasza powierzchnia jest paraboloidą hyperboliczną (powierzchnią siodłowatą), ale z przyczyny małości parametrów α_3, α_4, α_5 bardzo zbliżoną do płaszczyzny. Część jej przypadająca na obszar jeziora zajęty 6-cioma stanowiskami a, b, ... f, może uchodzić za płaszczyznę z lekka spaczoną hyperbolicznie. Większa niż 6 liczba stanowisk pozwoliłaby oczywiście lepiej wglądnąć w szczegóły krzywienia się takiej „spaczonej“ płaszczyzny, o czem zresztą jeszcze kilka uwag poniżej.

Te wyniki, zrozumiałe pod względem analitycznym, nie przemawiają przecież do naszej wyobraźni tak jasno, jakby to rysunek uczynił. Ażeby to osiągnąć — pomimo trudności, jakie sprawia przedstawienie wszelkiej powierzchni krzywej na płaszczyźnie rysunkowej — posłużę się sposobem, który zazwyczaj jest w użyciu, ile razy zachodzi potrzeba rysunkiem przedstawić wielorakie krzywienie się pewnego terenu. Do zwykłych celów służą, jak wiadomo, linie krzywe zwane isohypsami, t. j. łączące ze sobą (idealnie) miejsca terenu, posiadające równą wysokość ponad pewnym przyjętym poziomem; rzut ich na płaszczyznę poziomą, uwidoczniony np. na specyalnej karcie geograficznej, dostarcza wybornego środka do ocenienia jakości terenu i to jednym rzutem oka. Do podobnego celu służą podobne krzywe zwane isobatami (liniami krzywemi równej głębokości) zastosowane z korzyścią do rysunkowego przedstawienia postaci dna morza lub jeziora. Te ostatnie krzywe właśnie nadają się dobrze do naszego celu.

Pomyślmy sobie, że jedna taka krzywa powierzchnia isotermiczna w jeziorze (jakąkolwiek zresztą ona byłaby) nie jest idealną, ale rzeczywistą np. z blachy sporządzoną i że na nią (po wyczerpaniu wody) nalano jakiejś cieczy n. p. rtęci do pewnej głębokości z pod poziomem jeziora, to krzywa, według której rtęć będzie przylegała do uważanej powierzchni, dostarczy dobrego wyobrażenia o jakości

Digitized by Google

krzywienia się powierzchni isotermicznej w głębokości równej z. Tę krzywą możnaby więc nazwać **termiczną isobatą** należącą do głębokości z; zmieniając z odpowiednimi odstępami, możnaby w ten sposób wytworzyć cały układ takich linij krzywych, należących do tej samej powierzchni. Jasną jest rzeczą, że dwie termiczne isobaty nie mogą się nigdy ze sobą przecinać.

Analitycznie rzeczone krzywe przedstawiają się jako różne przecięcia powierzchni isotermicznej płaszczyznami poziomemi. Z otrzymanego równania powierzchni daje się którakolwiek z nich wywieść, nadając współrzędnej z wartość stałą ale zresztą dowolną (w obrębie pewnych granic). Ażeby się nie krępować pewną szczegółową tylko wartością tej zmiennej, najwłaściwiej będzie równanie powierzchni rozwiązać co do jednej ze zmiennych x lub y, pozostawiając z na razie jako nieoznaczone. Rozwiązując je co do x otrzymamy nasamprzód

$$x^2 + \frac{\alpha_1 + \alpha_4 y}{\alpha_3} . x = \frac{z - \alpha_0 - \alpha_2 y - \alpha_5 y^2}{\alpha_3},$$

albo podstawiając znalezione wartości

$$x^2 - (4{\cdot}222 - 0{\cdot}3902\, y) . x = (2{\cdot}652 + 0{\cdot}572\, y - 0\,0270\, y^2) - 4{\cdot}269\, z,$$

skąd po uproszczeniach

$$x = (2{\cdot}111 - 0{\cdot}195\, y) \pm \sqrt{(7{\cdot}108 - 0{\cdot}252\, y + 0{\cdot}0111\, y^2) - 4{\cdot}269\, z}.$$

Stąd widać, że dla pewnego obranego z, każdej wartości na y odpowiadają w ogólności dwie wartości współrzędnej x, jedna lub nawet żadna; najczęstszy pozornie przypadek dwóch rozwiązań tworzyć będzie i tak tylko jedno rozwiązanie, jeżeli x wypadnie odjemne albo większe niż 5·5, gdyż w obu razach punkt isobaty termicznej padłby już poza obręb jeziora. Rzecz jasna, że nawet i takie punkty (obliczone) isobaty, które padają jeszcze wewnątrz zarysów jeziora, należy odrzucić, jeżeli będą leżały już zdala od obszaru zajętego przez punkty (stanowiska) a, b. c, d, e, f. Dla rysownika, mającego sporządzić kontury isobatów termicznych, potrzeba, aby miał szereg par współrzędnych x, y pewnej z nich, (np. odpowiadającej głębokości $z = 0{\cdot}9$ Dm.), które umożliwią mu wyznaczyć najpierw pojedyncze punkty uważanej isobaty, a po złączeniu ich ze sobą krzywym lineałem, nakreślić same isobaty, tutaj mocno wydłużone hyperbole. Najdogodniej będzie pozostawić i teraz jeszcze zmienną z na razie nieoznaczoną i przysposobić sobie naprzód gotowe wzory dla różnych wartości zmiennej y, tych oczywiście tylko, które nie wykraczają poza obręb jeziora, t. j. w których $0 < y < 7{\cdot}8$. A i ten nawet zakres zmien-

Digitized by Google

ności współrzędnej y jest za obszernym, jeżeli zważymy, że z pomiarów wykonanych na sześciu stanowiskach a, b, ... f niepodobna wysnuwać wniosków o postaci termicznych isobatów na obszarach jeziora leżących z dala od tych 6-ciu punktów. Wystarczy więc najzupełniej (zob. tabelkę współrzędnych x, y dla tych 6-ciu punktów) przyjąć zakres zmienności y określony nierównością $2 < y < 6$. Przysposobione dla $y = 2, 3, 4, 5, 6$ wzory wyglądają jak następuje:

$$\begin{aligned}
\text{jeżeli } & y = 2, \quad x = 1{\cdot}721 \pm \sqrt{6{\cdot}648 - 4{\cdot}269\,z},\\
\text{„ } & y = 3, \quad x = 1{\cdot}526 \pm \sqrt{6{\cdot}452 - 4{\cdot}269\,z},\\
\text{„ } & y = 4, \quad x = 1{\cdot}331 \pm \sqrt{6{\cdot}278 - 4{\cdot}269\,z},\\
\text{„ } & y = 5, \quad x = 1{\cdot}136 \pm \sqrt{6{\cdot}126 - 4{\cdot}269\,z},\\
\text{„ } & y = 6, \quad x = 0{\cdot}941 \pm \sqrt{5{\cdot}996 - 4{\cdot}269\,z}.
\end{aligned}$$

Jeżeli w tych wszystkich wzorach będziemy kładli kolejno $z = 0{\cdot}6,\ 0{\cdot}9,\ 1{\cdot}2,\ 1{\cdot}5$, to otrzymamy następujące zestawienie

	Termiczna isobata 0·6 Dm.		Termiczna isobata 0·9 Dm.		Termiczna isobata 1·2 Dm.		Termiczna isobata 1·5 Dm.	
y	x_1	x_2	x_1	x_2	x_1	x_2	x_1	x_2
2	3·74	− 0·30	3·40	0·05	2·96	0·49	2·22	1·23
3	3·50	− 0·45	3·14	− 0·09	2·68	0·37	1·75	1·31
4	3·26	− 0·60	2·89	− 0·23	2·41	0·26	urojone	
5	3·02	− 0·75	2·65	− 0·38	2·14	0·14	„	
6	2·79	− 0·91	2·41	− 0·53	1·88	0·01	„	

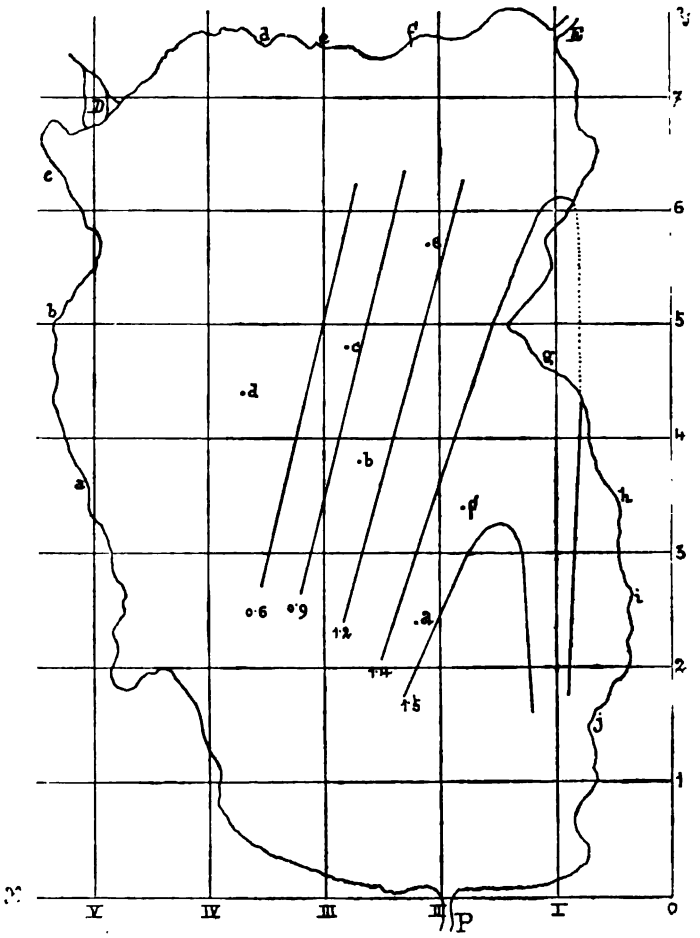
Dodatkowo daje się dla ostatniej isobaty 1·5 Dm. z łatwością obliczyć, że gdy $y = 3{\cdot}26$, to $x_1 = x_2 = 1{\cdot}48$; dalej dla isobaty 1·4 Dm. (która wydaje się dosyć interesującą, jak to zaraz zobaczymy) następujące wartości

$y = 2$	$x_1 = 2{\cdot}54$	$x_2 = 0{\cdot}90$
3	2·22	0·84
4	1·88	0·78
5	1·52	0·75
6	1·08	0·80.

Zapomocą tych danych nakreśliłem na papierze milimetrowym pochód powyższych 5-ciu isobatów termicznych, ograniczając się na-

Digitized by Google

turalnie tylko na badany obszar jezior i jemu poblizki, gdyż dalej — zwłaszcza bliżej brzegów — całe to wyznaczenie nie może już posiadać



Ryc. 12.

Jezioro Rybie. — Rysunek brzegów, dopływy, odpływ. Termiczne isobaty 0·6, 0·9, 1·2, 1·4 i 1·5 Dm., na powierzchni isotermicznej 6° C., nakreślone według sondowań termometrycznych, wykonanych w r. 1893. na sześciu stanowiskach *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*.

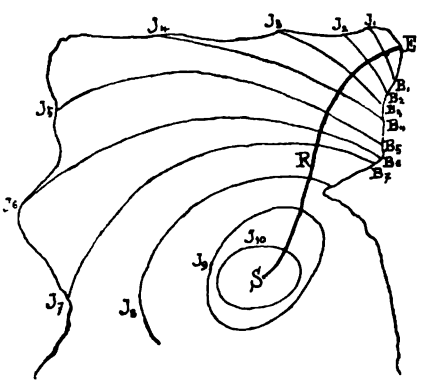
Objaśnienia.

D wielki dopływ od Czarnego Stawu (Morskie Oko) pod Rysami.
E wielki dopływ z poza Mnicha od resztek dawnego Stawu Staszica.
a, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*, *j* małe dopływy.
P przedarcie w morenie naczelnej, początek Potoku Rybiego.
Bok każdego kwadratu siatki (=15·2 mm.) odpowiada 100 metrom w naturze.

znaczenia rzeczywistości. Z ryciny ostatniej widzimy, iż w najbezpieczniejszych pod tym względem częściach jeziora (t. j. w obrębie

Digitized by Google

badanego obszaru). krzywe hyperboliczne są tak wydłużone, iż tylko nie wiele się różnią od linii prostych. Gdybyśmy rozporządzali pomiarami nie na 6-ciu, ale np. na 10-ciu stanowiskach *a, b, c,* ..... rozrzuconych po całem jeziorze, to wówczas możnaby (używając powierzchni isotermicznej 3go stopnia, jak to poprzednio widzieliśmy) nietylko wyśledzić bieg termicznych isobatów na całym obszarze jeziora, ale także — co bardzo ciekawe — wyznaczyć postać strug podwodnych, posiadających właśnie temperaturę uważanej powierzchni isotermicznej. Pomyślmy sobie bowiem, że na obocznej rycinie krzywe J_1B_1, J_2B_2, J_3B_3, J_4B_4, ... są termicznemi isobatami odpowiadającemi pewnej powierzchni isotermicznej (np. 6°C.) i tak uporządkowanemi, że każda następna jest głębszą od poprzedniej Pomyślmy sobie dalej. że w punkcie *E* przy brzegu znajduje się ujście dopływu. dostarczającego jezioru wody o temperaturze przyjętej (tutaj 6°), to jasne. że. jeżeli poczynając od punkt *E* nakreślimy linię krzywą *ERS* tak, iż każdy jej element (łuk nieskończenie mały) będzie prostopadły do termicznych isobatów następstępujących po sobie kolejno, krzywa otrzymana będzie przedstawiała największy możebny spadek powierzchni isotermicznej, należący do punktu *E*. Innemi słowy, krzywa *ERS* będzie postacią strugi podwodnej, wywołanej istnieniem uważanego dopływu. Tak samo możnaby postąpić z każdym innym widzialnym dopływem jeziora, a zbierając wszystko, sporządzić wreszcie kartę przynajmniej głównych prądów podwodnych jeziora. Dotychczasowy materyał obserwacyjny nie pozwala jeszcze na to; mając jednak zamiar badanie termiki jezior tatrzańskich dalej prowadzić, oddaję się nadziei, że te tutaj jej szczegóły przyszłymi pomiarami zdołam może rozświecić.



Ryc. 13.

Mamy za szczupłą ilość danych u pozostałych powierzchni isotermicznych (5°, 4·5°, 4°), ażeby módz już teraz postąpić tak samo, jak to uczyniliśmy z isotermą 6°. Trzy tylko dane isotermy 4° umożebniają np. wyznaczyć jedynie płaszczyznę o pewnej oryentacyi i pewnem nachyleniu do poziomu, niejako ściślestyczną do rzeczywistej powierzchni isotermicznej na stosunkowo małym obszarze, odpowiadającym trzem stanowiskom *b, d, e* (por. tabelkę). Chociaż więc wnioski, jakie stąd dadzą się wyciągnąć, będą się mogły stosować tylko

Digitized by Google

do jednej części jeziora, to przecież — z powodu znaczniejszej głębokości tych trzech isoterm — rzecz zasługuje na rozpatrzenie. Mamy wprawdzie po 4 dane punkty dla dwóch isoterm (5°, 4·5°), mogące posłużyć do przesunięcia przez nie jakiejś powierzchni nieco ogólniejszej od płaszczyzny, ale wzgląd na to, iż przy trzeciej z nich (4°) posiadamy tylko 3 punkty, nakazuje pozostać przy płaszczyznach u wszystkich trzech, przesuwając je naturalnie przez 3 odpowiednie punkty, odpowiadające tym samym trzem stanowiskom *b*, *d*, *e*. Dla osiągnięcia zupełniejszego przeglądu objawów, które w tej rzeczy występują, wciągam do sprawy także i zbadaną poprzednio isotermę 6°C., uważając ją teraz za płaszczyznę, o ile nie przekroczymy zbytnio trzech naszych stanowisk *b*, *d*, *e*. Godząc się na to, aby wszystkie trzy współrzędne *x*, *y*, *z* były (co teraz dogodniejszem) wyrażone w hektometrach, otrzymamy najpierw tabelaryczne zestawienie

Stanowisko	*x*	*y*	Głębokość *z* wyrażona w hektometrach			
			Isoterma 6°	Isoterma 5°	Isoterma 4·5°	Isoterma 4°
b	2·7	3·8	0·1305	0·1756	0·2303	0·4000
d	3·7	4·4	0·0958	0·1596	0·1964	0·2823
e	2·1	5·7	0·1069	0·1435	0·1777	0·2508,

które doprowadzi nas bardzo łatwo do równań wszystkich czterech szukanych płaszczyzn. Biorąc pierwszą z nich (isotermy 6°) i pisząc jej równanie

$$z = \alpha_0 + \alpha_1 x + \alpha_2 y,$$

otrzymamy z dat pomiaru na wyznaczenie ilości α_0, α_1, α_2 trzy równania, które rozwiązane dają:

$$\alpha_0 = +0{\cdot}2670, \quad \alpha_1 = -0{\cdot}02291, \quad \alpha_2 = -0{\cdot}01965,$$

tak, iż równaniem szukanej płaszczyzny będzie

(isot. 6°) $\quad z = 0{\cdot}2670 - 0{\cdot}02291\, x - 0{\cdot}01965\, y.$

W podobny sposób dla pozostałych trzech płaszczyzn otrzymuję

(isot. 5°) $\quad z = 0{\cdot}2590 - 0{\cdot}00493\, x - 0{\cdot}01845\, y,$

(isot. 4·5°) $\quad z = 0{\cdot}3922 - 0{\cdot}01454\, x - 0{\cdot}03227\, y,$

(isot. 4°) $\quad z = 0{\cdot}9198 - 0{\cdot}05934\, x - 0{\cdot}09726\, y.$

Digitized by Google

Warunkiem cechującym wszelką isobatę termiczną jest $z =$ stałej, więc równaniem którejkolwiek z nich będzie tutaj

$$-\alpha_1 x - \alpha_2 y = \text{stałej};$$

jeżeli więc dla jednej z powierzchni (tu płaszczyzn) isotermicznych oznaczymy przez k kąt którejkolwiek isobaty (wszystkie będą bowiem wówczas prostemi równoległemi) z dodatnią częścią osi $x^{ów}$, to nasamprzód ogólnie mamy

$$tang\ k = -\frac{\alpha_1}{\alpha_2},\quad sin\ k = \frac{-\alpha_1}{\sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2}},\quad cos\ k = \frac{\alpha_2}{\sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2}},$$

skąd daje się natychmiast znaleźć kierunek układu isobatów, należących do uważanej płaszczyzny isotermicznej, a więc i samą oryentacyę tej płaszczyzny. Dalej, na wyrażenie kąta i, jaki tworzy sama płaszczyzna isotermiczna z poziomem, (t. j. z płaszczyzną $z = 0$) daje geometrya analityczna związek

$$tang\ i = \sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2},$$

a jedno i drugie, zastosowane do naszego konkretnego przypadku, dostarcza nam po wstawieniu odpowiednich wartości na α_1, α_2 jak je dopiero znaleźliśmy następującego zestawienia:

isoterma	k	i
6°	130·6° . . .	1·7°
5°	165·0 . . .	1·6
4·5°	155·7 . . .	2·2
4°	148·6 . . .	6·5.

Stąd widać najwyraźniej, że wszystkie cztery płaszczyzny isotermiczne jeziora są pochylone — przynajmniej na uważanym obszarze trzech stanowisk b, d, e — bardzo blizko w jednę i tę samą stronę, zamykając z poziomem kąt wynoszący 2 i więcej stopni. Prócz tego zdaje się, że kąt ten jest tem większy, im niższej ciepłocie wody odpowiada uważana płaszczyzna isotermiczna. Od liczb tutaj otrzymanych nie będziemy wymagali zbyt wiele: niniejsza część hydrotermiki naszego jeziora jest bardzo „delikatną“, a ja sam musiałem się dziwić, że i taka zgodność wyników dała się osiągnąć. Średnia z czterach wartości na kąt k, t. j. 150·0° (odpowiadająca ciepłotom wody między 5° a 4° leżącym) będzie zapewne wzbudzała większe zaufanie; którąkolwiek zresztą z nich weźmiemy, to zawsze niepodobna zaprzeczyć, że kierunek isobatów zimniejszych powierzchni isotermicznych

Digitized by Google

Rybiego zgadza się dobrze z położeniem słabo hyperbolicznych isobatów, jak je dłuższym rachunkiem dla isotermy 6° znaleźliśmy.

Będzie wreszcie bardzo ciekawą rzeczą zobaczyć, jakie też położenie posiada płaszczyzna przesunięta przez 3 punkty dna jeziora, punkty odpowiadające właśnie naszym trzem stanowiskom b, d, e i dla niej znaleźć tak oryentacyę *(k')* jakoteż nachylenie *(i')* do poziomu. Trzy punkty jeziora *(b, d, e)*, w których pomiary wykonywałem, nie były wprawdzie swego czasu przez E. Dziewulskiego bezpośrednio sondowane, ale trzy inne punkty leżące w najbliższem sąsiedztwie tamtych, których głębokości znamy, pozwolą z dostateczną dokładnością wyznaczyć oba kąty k', i' dla dna na uważanej przestrzeni. Na trzech punktach ($x = 2{\cdot}0$, $y = 4{\cdot}0$), ($x = 4{\cdot}0$, $y = 4{\cdot}0$), ($x = 2{\cdot}0$, $y = 6{\cdot}0$) znalazł Dziewulski bezpośredniem sondowaniem trzy głębokości 49·5, 46·0 i 43·0 metrów; liczby te nie są wprawdzie poprawione z powodu kurczliwości sznura w wodzie, ale wpływ tego błędu daje się tutaj zupełnie uchylić, jakąkolwiek byłaby kurczliwość sznura używanego. Prawdziwe głębokości na wymienionych trzech punktach jeziora będą oczywiście $49{\cdot}5\,l$, $46{\cdot}0\,l$ i $43{\cdot}0\,l$ metrów, gdzie l jest ilością nieco mniejszą od jedności, zależną wyłącznie od jakości sznura, a zresztą nieobchodzącą nas bliżej. Ponieważ wszystkie trzy współrzędne x, y, z wyrażamy w hektometrach, więc na wyznaczenie nowej naszej płaszczyzny (przy samem dnie) mamy następujące dane:

x	y	z
2·0	4·0	$0{\cdot}495\,l$
4·0	4·0	$0{\cdot}460\,l$
2·0	6·0	$0{\cdot}430\,l$.

Biorąc za jej równanie jak zwykle:

$$z = \alpha_0 + \alpha_1 x + \alpha_2 y,$$

podstawiając w niem kolejno wszystkie trzy trójki przynależnych wartości, dzieląc wszystkie trzy równania po obu stronach przez l i kładąc dla krótkości

$$\frac{\alpha_0}{l} = \beta_0, \quad \frac{\alpha_1}{l} = \beta_1, \quad \frac{\alpha_2}{l} = \beta_2,$$

otrzymamy układ trzech równań, który rozwiązany daje

$$\beta_0 = +\,0{\cdot}660, \quad \beta_1 = -\,0{\cdot}0175, \quad \beta_2 = -\,0{\cdot}0325.$$

tak, że

$$\alpha_0 = +\,0{\cdot}660\,l, \quad \alpha_1 = -\,0{\cdot}0175\,l, \quad \alpha_2 = -\,0{\cdot}0325\,l.$$

Digitized by Google

Na wyznaczenie kąta k' mamy jak poprzednio

$$tang\, k' = -\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = -\frac{175\, l}{325\, l} = -\frac{175}{325},\ sin\, k' > 0,$$

skąd $k' = 151{\cdot}7^0$, jakiemkolwiek byłoby l. Natomiast nachylenie i' zależy w małym stopniu od tej ilości; związek

$$tang\, i' = \sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2} = l\sqrt{\beta_1^2 + \beta_2^2} = 0{\cdot}0369\, l$$

dla $l = 0{\cdot}94$ (t. j. skrócenie się sznura w wodzie $6^0/_0$, co dla nowego sznura, jakiego Dziewulski używał, jest blizkiem rzeczywistości) daje $i' = 2{\cdot}0^0$, a mało co większą wartość biorąc l równem jednostce.

Jeżeli porównamy wartość $151{\cdot}7^0$ otrzymaną teraz na kąt k' ze średnią wartością $150{\cdot}0^0$ kąta k, znalezioną wyłącznie rozważaniem powierzchni isotermicznych, to znaczne zbliżenie się do siebie obu tych wartości doprowadza nas do nieuniknionego wniosku, że — przynajmniej na badanym tu obszarze Rybiego — głębsze powierzchnie isotermiczne jeziora posiadają postać zbliżoną do postaci samego dna, żewięc po tych powierzchniach spływają, w kierunku największego spadku, strugi wodne z dopływów pochodzące, aż do miejsca największego pogłębienia się powierzchni isotermicznej.

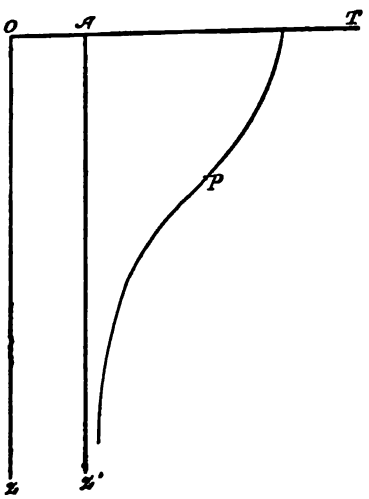
Bezpośredniem następstwem tego wniosku jest dalszy wniosek, że zimne i ciężkie dopływy ($3{\cdot}2^0 - 4{\cdot}0^0$), staczając się strugami po samem dnie jeziora wzdłuż największych jego spadków i począwszy od maximum głębokości całego basenu po dnie się rozpościerając, wydźwigują, zwolna ale nieustannie, całą masę wody do góry. To samo czynią dopływy nieco cieplejsze z tą tylko różnicą, że dla nich dnem są różne powierzchnie isotermiczne, postacią swą wogóle zbliżone do dna rzeczywistego. Skalisty basen, zasilany ustawicznie świeżą i zimną wodą w głębszych swych częściach, pozbywa się równocześnie przy odpływie ciepłej wody z najwyższych warstw jeziora pochodzącej [1]), a nieustanność tego procesu dynamicznego zapewnia mu stan utrwalenia oczywiście bardzo już dawny.

[1]) Niejakie porównanie tego hydrodynamicznego utrwalenia daje aparat destylacyjny, w którym zimna woda odnawia się z pod spodu, podczas gdy równocześnie ciepła górą odpływa.

Digitized by Google

Zależność temperatury od głębokości.

Wspomniałem już, że każdorazowa zależność temperatury wody od samej głębokości nie daje się przedstawić tak dla Rybiego, jak i dla innych jezior tatrzańskich, jedną jedyną funkcyą. Powód leży w tem, że ciepłota rzeczona (τ) nie od jednej, ale od dwóch naraz zmiennych zależy: od głębokości z i od czasu θ, w którym sondowanie termometryczne zostało wykonane, wyraźniej mówiąc: od pory roku. Jeżeli pojedyncze szeregi pomiarów (letnie) przedstawimy rysunkiem, to na wyrażenie zależności temperatury od samej głębokości otrzymamy rozmaite linie krzywe, posiadające wprawdzie jeden i ten sam typ, ale różniące się znacznie pomiędzy sobą tak szczegółami krzywizny, jakoteż położeniem. Jednę z takich krzywych przedstawia schematycznie oboczna rycina 14. Tutaj na prostej poziomej OZ odcięte są (począwszy od punktu O) głębokości z, na prostej pionowej OT temperatury wody, przynależne do obranych głębokości. Wspólne wszystkim takim krzywym (letnim) znamiona są dwa następujące:



Ryc. 14.

1) Prosta pionowa AZ' jest dla wszystkich nich asymptotą, przyczem odległość OA odpowiada bardzo blizko temperaturze 4° C.

2) Wszystkie posiadają w górnych swych częściach punkt przegięcia (infleksyi) P, będący granicą, na której krzywa przestaje być wklęsłą do osi OZ, a poczyna być wypukłą.

Pierwszy szczegół wyraża fakt, że w znacznych głębokościach jeziora temperatura prawie już żadnym nie ulega zmianom, zależnym od samej głębokości i zdąża widocznie do pewnej stałej wartości, bliskiej 4° C. Nie można utrzymywać, jakoby ona wynosiła dokładnie 4°, czy nawet 4·08°, t. j. znaną temperaturę maximum gęstości wody pod ciśnieniem jednej atmosfery; wyznaczenie jej, wiążące się bardzo ściśle z ciemną jeszcze kwestyą zmian wieloletnich (zob. rozdz. VI), nie da się obecnie przeprowadzić. Prosta AZ' będzie zresztą tylko wtedy asymptotą wszystkich krzywych — i to dokładną — jeżeli przyszłe poszukiwania okażą, że zmiany te (variations lustrales) nie istnieją wcale w jeziorach tatrzańskich; w przeciwnym razie wi-

Digitized by Google

doczna, iż układ krzywych, odpowiadających n. p. rocznemu albo chociaż półrocznemu (letniemu) przeciągowi czasu, nie może wcale posiadać wspólnej asymptoty. Stosuje się to wszystko także i do krzywej „zimowej", t. j. do krzywej przedstawiającej związek ciepłoty pod lodem jeziora z głębokością. Wprawdzie krzywa, nakreślona według pomiarów jedynego dotąd sondowania termometrycznego pod lodem, przedstawia podówczas wzrost ciepłoty z głębokością, a nie ubytek jak latem, to jednak kwestya istnienia lub nieistnienia wspólnej asymptoty całej gromady „zimowych" krzywych nie różni się od poprzedniej. Jedynie — w razie istnienia takiej prostej — krzywe „zimowe" zbliżałyby się do rzeczonej asymptoty ze strony przeciwnej.

Drugi szczegół wspólny wszystkim krzywym (letnim) — istnienie punktu przegięcia P — daje się łatwiej uchwycić ilościowo, nawet już na podstawie dotychczasowego materyału obserwacyjnego. Zauważmy od razu, iż punkt P leży właśnie w głębokości, dla której chyżość ubytku temperatury (latem) wraz z głębokością jest maximum; jest to więc ten sam punkt, o którym już poprzednio mówiliśmy, a którego głębokość (warstwa „krytyczna") oznaczyliśmy głoską K. Oto co — posługując się tak rachunkiem, jak i rysunkiem na papierze milimetrowym — dało się stwierdzić.

1) Wszystkie krzywe letnie posiadają punkt P, zimowa zaś wcale go nie posiada.

2) Głębokość K punktu P jest zmienną z porą roku, lepiej mówiąc, z letnim i jesiennym pochodem temperatury czy to powietrza, czy też wody na powierzchni jeziora. Wczesnem latem głębokość ta jest małą, wzrasta w ciągu lata, aby osiągnąwszy z końcem jego maximum głębokości, zmniejszać się z początkiem jesieni. Jest więc rzeczą nieuniknioną, że punkt P w ciągu roku dwa razy, z końcem wiosny i z końcem jesieni, znajdzie się na samej powierzchni jeziora. Można sobie jednak wyobrażać, że punkt ten istnieje także i na krzywej tak „wiosennej", jakoteż „zimowej", ale nad powierzchnią jeziora, jeżeli obie krzywe pomyślimy sobie przedłużonemi idealnie w górę, t. j. tam, gdzie niema już wody.

3) Sama chyżość V zmiany ciepłoty wody wraz z głębokością uważana w punkcie P, gdzie jest największością, jest również zależną od temperatury na powierzchni, to jest od pory roku. Latem chyżość ta (odjemna) jest największością wówczas, gdy punkt P leży jak najgłębiej; staje się coraz mniejszą (absolutnie biorąc, gdyż jest ona stale odjemną, t. j. $\frac{d\tau}{dz} < o$), gdy punkt P przybliża się do powierzchni jeziora, więc wczesnem latem i z początkiem jesieni; w zimie

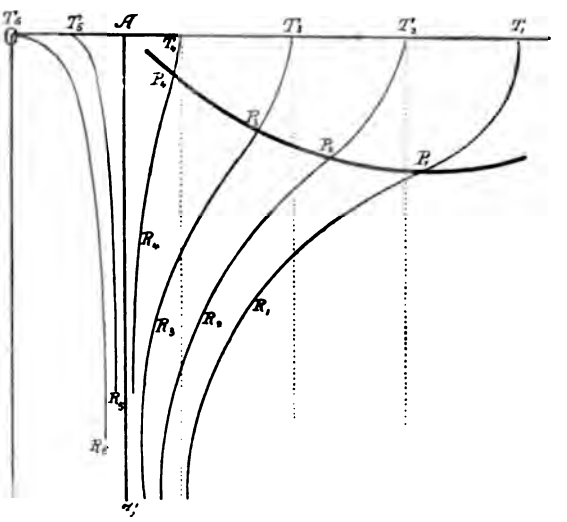
Digitized by Google

największość chyżości $\frac{d\tau}{dz}$ jest dodatną i odpowiada wartości z bliskiej zera. Geometrycznie biorąc, znaczy to, że należące do rozmaitych miesięcy, krzywe $\tau = f_1(z)$, $\tau = f_2(z)$, $\tau = f_3(z)$..... posiadają styczne w punkcie P rozmaicie nachylone do prostej OZ; kąt tego nachylenia staje się coraz większy w miarę, jak sam punkt P się pogłębia, mniejszy, gdy P zbliża się (z pod spodu) do powierzchni wody. Krótko mówiąc, każda z tych krzywych jest tem głębiej i tem silniej wygiętą w punkcie P, im wyższa (latem) temperaturu znajduje się na powierzchni jeziora.

4) Letnia stała równowaga termiczna przechodzi w zimową stałą, podczas oziębiania się górnych warstw wody do 4° C. (blizko) i wynikłego stąd zaburzenia równowagi jeziora aż do znacznych głębokości, co należy sobie wyobrażać jako krótkotrwały stan niestałej równowagi jeziora, zakończony równowagą obojętną wówczas, gdy prawie cała masa wody przybierze (za sprawą pionowych prądów konwekcyjnych) temperaturę bardzo blizką 4° C. Wówczas to krzywa nasza degeneruje w prostą linię AZ', ażeby odtąd przeginać się w stronę przeciwną, podczas gdy postępujący proces oziębiania powierzchni wody (od + 4° do zera), nie mogąc już dalej wywoływać prądów konwekcyjnych, zapewnia wodom jeziora stałą równowagę (zimową), zabezpieczoną jeszcze bardziej wówczas, gdy jezioro powlecze się skorupą lodową. Odwrotne przemiany krzywej $\tau = f(z)$ wystąpią wiosną po zrzuceniu lodów. Krzywa zimowa (bez punktu infleksyi P) pocznie — wraz z ogrzewaniem się górnych warstw wody do 1°, 2°, 3°, 4° — zbliżać się coraz bardziej do prostej AZ', cechującej równowagę obojętną, a odtąd po dokonanem odwróceniu uwarstwienia zimowego na letnie, wyginać się znowu wklęsłą swą stroną ku osi OT; punkt P, który w zimie na naszej krzywej mógł istnieć tylko idealnie, bo nad powierzchnią wody, pocznie się pogłębiać coraz bardziej, a krzywa w tem miejscu wyginać się coraz więcej. Przekroczywszy maximum tego pogłębienia a zarazem wygięcia się (maximum maximorum) rozpoczną odtąd obydwa te określniki ponowny szereg (okresowy) przemian, jak go co dopiero opisaliśmy. Jedna część tych wniosków opiera się już na poprzedzających wywodach, których niema potrzeby powtarzać; resztę uzasadniam zaraz niżej. Wydaje mi się pożytecznem przedstawić na rycinie 15. pochód zmian, jakim tak położenie, jakoteż postać krzywej $\tau = f(z)$ ulega w ciągu roku. Rozpoczynając od ręki prawej, widzimy tutaj krzywą $T_1P_1R_1$ (odpowiadającą końcowi lata), posiadającą punkt przegięcia P_1 w największej możliwej głębokości; styczna do niej w tym punkcie zamyka z osią OZ kąt możliwie największy. Następujące dwie krzywe $T_2P_2R_2$ i $T_3P_3R_3$ (nb. cofamy się ku wio-

Digitized by Google

śnie) posiadają punkty przegięcia P_2 względnie P_3 płyciej, aniżeli poprzednio, styczne w tych punktach zamykają z osią OZ kąty mniejsze, aniżeli się to działo w punkcie P_1, a to samo stosuje się w stopniu jeszcze wyższym do krzywej $T_1P_1R_1$, która odpowiada samemu początkowi lata. Postępując wstecz dalej, krzywa nasza przekształca się z końcem wiosny w prostą AZ', wskazującą na stałość temperatury każdej głębokości, przyczem długość OA odpowiada bardzo blizko ciepłocie 4·08° C., t. j. zwykłemu maximum gęstości wody. Odtąd, cofając się w głąb wiosny, jej początek, a wreszcie zimę, krzywa nasza przeradza się z prostej AZ' na wklęsłą do osi OZ i to na całej swojej przestrzeni, przyczem wielkość jej krzywienia się jest w pobliżu samej powierzchni tem większą, im bliższą środka zimy będzie pora sondowania termometrycznego. Ostatni wniosek wynika wprost z uwagi, że wszelka zmienność krzywych, tak po prawej stronie linii AZ', jakoteż po lewej jej stronie, odpowiadając dwom stanom równowagi stałej, musi się odbywać w sposób ciągły.



Ryc. 15

Na prostej linii AZ' (albo na wąziutkim pionowym paseczku, leżącym po obu stronach tej linii, w razie jeżeli istnieją zmiany wieloroczne) następuje zerwanie ciągłości, odpowiadające wiosennemu i jesiennemu odwróceniu termicznego uwarstwienia.

Obliczywszy dla wszystkich sondowań termometrycznych, wykonanych na środku jeziora, obie ilości: K (głębokość punktu przegięcia P) i V (maximum chyżości ubywania ciepłoty wraz z głębokością), otrzymamy następujące zestawienie (str. 350).

Obie liczby K, V, wyprowadzone z pomiarów r. 1884., są nieco wątpliwe z powodu niestosownego doboru „skali“ głębokości (0, 10, 20, 30,..... metrów), o czem mówiłem już poprzednio. Do tych oznaczeń dołączamy osobno (niżej) podobne oznaczenie, wynikające z mojego zimowego sondowania: niepodobna było bowiem odpowiednich liczb umieszczać razem z poprzedniemi w jednej tabelce, gdyż krzywa zi-

Digitized by Google

	Rok	Data	K metry	V	Obserwator	UWAGA
1	1884	20/VIII	13·2	— 0·32	Świerz	Liczby nieco wątpliwe
2	1886	6/VIII	11·36	— 0·64	Grissinger	
3	1890	5/VIII	8·93	— 0·77	B.	
4	1891	5/VIII	6·62	— 0·39	B.	
5	1892	28/VI	1·60	— 0·26	Świerz	K nieco za małe
6	1892	15/VII	8·40	— 0·85	B.	
7	1892	8/VIII	10·86	— 2·31	Świerz	
8	1892	15/IX	8·84	— 1·78	Świerz	
9	1893	27/VII	5·39	— 0·87	B.	Średnie z dwóch

mowa nie posiada, jak wiemy, punktu P wcale, a nie mając go, nie może tem samem posiadać chyżości V, przynależnej takiemu punktowi przegięcia. Zobaczymy, że posiada ona natomiast inny punkt P' wprawdzie tylko idealny i przynależną doń (maximalną) chyżość V', oczywiście tutaj dodatną, tak, że obie ilości K', V' będą mogły uchodzić bądź co bądź za analogiczne z ilościami K, V.

Z naszego zestawienia najważniejsze są oczywiście cztery przytoczone pod liczbami 5, 6, 7, 8, a to z powodu, że odnoszą się one do rozmaitych czasów jednego i tego samego roku (1892.). Rzut oka na te cztery pary liczb dowodzi od razu prawdziwości twierdzenia przytoczonego powyżej pod l. 2. i 3. W czerwcu 1892. r. głębokość K była jeszcze bardzo małą (1·60 m.), to sama i chyżość V (wzięta absolutnie, t. j. ze znakiem dodatnim) posiadała bardzo niewielką wartość (— 0·26) wogóle najmniejszą w całem zestawieniu, w połowie lipca okazał się już znaczny wzrost obydwóch tych ilości, jeszcze większy w pierwszej połowie sierpnia, a wreszcie spadek obojga w połowie września, okazujący najwyraźniej, że tak K, jak i V przeszły tymczasem przez maximum roczne. Będzie rzeczą ciekawą zobaczyć, kiedy to nastąpiło dla jednej, a kiedy dla drugiej z tych ilości.

Licząc czas θ od dnia 1. czerwca 1892. r., a za jednostkę jego biorąc 30-to dniówkę, otrzymamy liczby

θ	K	V
1·5	8·40	— 0·85
2·3	10·86	— 2·31
3·6	8·84	— 1·78,

Digitized by Google

gdzie czerwcowych K, V nie zamieściłem z powodu, że maximum tak na K, jak i na $-V$ przypadało widocznie między pomiarami lipcowymi a wrześniowymi. Obie te ilości uważane tutaj za funkcye czasu θ dają się przedstawić — na uważanej jego przestrzeni — wzorami:

$$K = 8{\cdot}40 + 4{\cdot}840\,\xi - 2{\cdot}205\,\xi^2,$$
$$V = -0{\cdot}85 - 2{\cdot}676\,\xi + 1{\cdot}064\,\xi^2,$$

gdzie dla krótkości $\xi = (\theta - 1{\cdot}5)$ położyłem. Warunki dla maximum względnie minimum tych funkcyj. t. j.

$$\frac{dK}{d\xi} = 0, \quad \frac{dV}{d\xi} = 0$$

dają z pierwszego

$$4{\cdot}84 - 4{\cdot}41\,\xi = 0, \text{ skąd } \xi = 1{\cdot}10, \ \theta = 2{\cdot}60.$$

to jest blizko 17. sierpnia 1892. r.,

zaś z drugiego

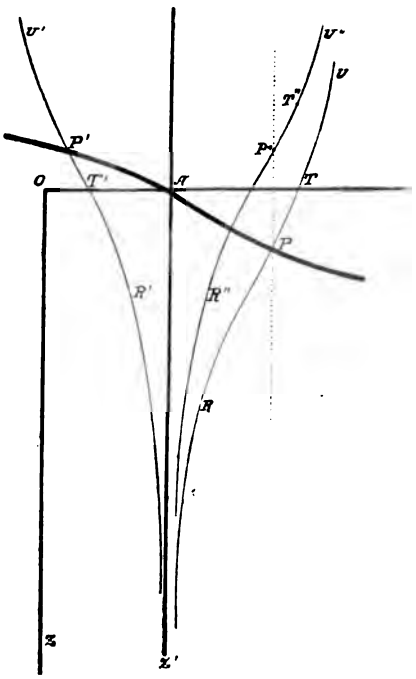
$$-2{\cdot}676 + 2{\cdot}128\,\xi = 0, \text{ skąd } \xi = 1{\cdot}26, \ \theta = 2{\cdot}76,$$

t. j. dzień 22. sierpnia 1892. roku. Ta wyśmienita zgodność obydwóch czasów, otrzymanych z rozważań elementów tak różnych od siebie, jak obie ilości K, V, dowodzi prawdziwości reszty twierdzeń. jakie pod l. 2. i 3. przywiodłem, jak niemniej prawdziwości jednej ich połowy pod l. 4. przytoczonych. Średnia z obydwóch dat pada dokładnie na datę maximum średniej dziennej ciepłoty powietrza w dniach 19. i 20. sierpnia 1892. r. podczas trwania niezwykłych upałów całej drugiej połowy tego miesiąca.

Jeżeli zatem pomyślimy sobie, że wszystkie punkty P_1, P_2, P_3....., istniejące dla letniego (i częściowo jesiennego) termicznego uwarstwienia jeziora, połączymy ze sobą ciągłą linią krzywą, to dochodzimy do bardzo ciekawego wniosku (porówn. ostatnią figurę), że krzywa ta przecina oś OT dwa razy w ciągu roku (na końcu wiosny i w połowie jesieni), że więc na całej tej przestrzeni posiada ona konkretne znaczenie; gdy jednak nic nam nie wzbrania krzywą tę przedłużyć idealnie ponad oś OT, t. j. ponad powierzchnię jeziora, wnosimy, iż krzywe „zimowe“ wolno uważać za nieróżne od letnich jakością, tylko samem położeniem, że mianowicie u pierwszych, punkt przegięcia P przeniósł się (postępując po krzywej P_1 P_2 P_3.....) ponad powierzchnię jeziora. Jeżeli tak jest w istocie, to dla każdej krzywej „zimowej“ znajdzie się symetryczna względem prostej AZ krzywa „letnia“, jeżeli tylko tę ostatnią podniesiemy tak wy-

Digitized by Google

soko, iżby jej punkt (rzeczywisty) P znalazł się na wysokości tej samej, na której leży (idealny) punkt P' krzywej zimowaj. Rycina znajdująca się obok, objaśni rzecz lepiej, przyczem dogodniej będzie cały proces przeprowadzić odwrotnie. Przypuśćmy, że krzywa $T'R'$ przedstawia zależność ciepłoty wody od głębokości wówczas, gdy ciepłota jej na powierzchni posiada wartość leżącą między 0° a 4° C.; krzywa ta nie posiada rzeczywistego punktu przegięcia, jaki istnieje dla krzywej letniej TPR (w punkcie P). Jeżeli jednak pomyślimy sobie krzywą $T''R'$ przedłużoną do góry według tego samego prawa, które rządzi jej krzywieniem się poniżej prostej OT, to otrzymamy ponad tą prostą idealną gałązkę $U'P''T''$ naszej krzywej, o której to gałązce zaraz udowodnimy, że posiada również punkt przegięcia (mianowicie P'). Jeżeli teraz całą krzywą $U''P'R'$ obrócimy około prostej AZ' jako osi symetryi, to krzywa przejdzie w położenie $U'''P'R'$, a jeżeli wreszcie ją zesuniemy na dół tak, że punkt P' padnie na krzywą $P_1P_2P_3\ldots$ (zobacz poprzednią rycinę) będącą miejscem geometrycznen wszystkich punktów P, to krzywa nasza znajdzie się ostatecznie w położeniu $UTPR$, t. j. przybierze dokładnie postać krzywej „letniej". Zesuwanie, o którem mowa, musi tak się odbywać, iżby każdy punkt krzywej $U''P'R''$ zniżył się po prostej równoległej do AZ' o jednę i tę samą długość $= P''P$, gdyż w każdym innym razie prosta AZ' nie mogłaby być asymptotą równocześnie do obu krzywych $U''P'R''$ i UPR, co musi się bezwarunkowo spełniać. Prosta AZ' jest bowiem asymptotą obu krzywych, letniej TPR i zimowej $T'R'$, a więc także krzywej $U''P''R'$ która jest symetryczna do $U'P''T''R'$.



Ryc. 16.

Tak sobie wyobrażam „funkcyjne" przejście od letniego układu krzywych $f(z)$ do zimowego i na odwrót. Nie zapominam, że jest to tylko wyobrażenie, mające za cel ujęcie dwóch różnych stanów równowagi stałej pod jeden matematyczny punkt widzenia. Wystarczy przyjąć, że krzywa $f(z)$ porusza się po jednej stronie prostej

Digitized by Google

AZ' tak, iż jej punkt przegięcia P będzie zakreślał krzywą $P_1P_2P_3\ldots$ (którą możnaby nazwać k i e r o w n i c ą) — widocznie zależną od rocznego pochodu temperatury powietrza — a nadto tak, aby krzywa $f(z)$ w każdem swem położeniu miała linię prostą AZ' za asymptotę. Wówczas proste obrócenie krzywej letniej około osi symetryi AZ przemieni ją na zimową tak, iż obrót ten o 180° będzie dobrze oddawał przewrót uwarstwienia letniego na zimowy właśnie wówczas, gdy temperatura na powierzchni τ_0 spadnie do 4·08° C. przedstawionej na rycinie długością OA.

Tak więc, zamiast szukania postaci całego szeregu linij krzywych (zob. ryc. przedostatnią) tak letnich jakoteż zimowych, wystarczyłyby następujące dwie czynności:

1) Oznaczyć, ile się da najściślej, postać krzywej kierownicy $P_1P_2P_3\ldots$. (a da się to uczynić zapomocą czterech danych ostatniej naszej tabelki, jakoteż piątej danej, którą zaraz przytoczę).

2) Znaleźć postać tylko jednej krzywej $f(z)$ ze wszystkich danych obserwacyjnych i to takiej krzywej, która:

a) posiada punkt przegięcia leżący na kierownicy $P_1P_2P_3\ldots$.;

b) w tym punkcie dostarcza na $\frac{d\tau}{dz}$ $(= V)$ wartość dającą się podać (porównaj tabelkę wartości na K i V);

c) prostą AZ' ma za asymptotę.

Analitycznie biorąc, jedno jedyne równanie

$$\tau = 4{\cdot}08 + (\tau_0 - 4{\cdot}08)\, F[z(\tau_0 - 4{\cdot}08)] \,.\, \psi(z)$$

będzie przedstawiało roczny przebieg zmian ciepłoty wody, tak w zależności ich od czasu, jakoteż od głębokości, jeżeli tylko obie funkcye F, ψ zostaną należycie dobrane. Zamiast czasu θ występuje tu zmienna τ_0 od samego θ bezpośrednio zawisła, a bez porównania właściwsza niż θ w naszym wzorze, gdzie τ należało uczynić funkcyą równocześnie dwóch zmiennych niezależnych. Jak wspomniałem, postaci obu funkcyj F, ψ dadzą się dla Rybiego (a także dla innych jeszcze, głębokich jezior tatrzańskich) wyznaczyć j u ż n a w e t n a p o d s t a w i e d o t y c h c z a s o w e g o m a t e r y a ł u o b s e r w a c y j n e g o, jednakże rezultaty, jakie do tej pory otrzymałem, nie nadają się jeszcze do publikacyi. Zauważę tylko, że obie funkcye F', ψ muszą posiadać m. i. własność, że $F(o) = 1$, $\psi(o) = 1$, co dla $z = 0$ daje $\tau = 4{\cdot}08 + (\tau_0 - 4{\cdot}08) = \tau_0$. jak być powinno; dalej, że dla $\tau_0 = 4{\cdot}08°$ jest także $\tau = 4{\cdot}08°$ jakiemkolwiek byłoby z, co daje prostą AZ' odpowiadającą wiosennemu i jesiennemu odwróceniu termicznego uwarstwienia jeziora; że dla $\tau_0 \gtrless 4{\cdot}08$ musi być również $\tau \gtrless 4{\cdot}08$ i to aż do bardzo znacz-

Digitized by Google

nych głębokości, a nawet do samego dna, jeżeli zmiany wieloroczne nie istnieją, że więc funkcya $F(u)$ nie może być nieparzystą, t. j. taką, aby $F(-u) = -F(u)$ i t. d.

Pozostaje jeszcze okazać, że krzywa „zimowa" posiada istotnie idealny punkt przegięcia P'. Jedyne dotąd sondowanie Rybiego pod lodem (w marcu r. 1891.), dało mi następujące ciepłoty bezpośrednio odczytane na termometrze maximum (i poprawione):

	z	τ	Δ		z	τ	Δ
1	0 m.	0·2°		5	10 m.	3·87°	
			+ 0·96				+ 0·05
2	2	2·12		6	13	4·02	
			+ 0·69				+ 0·01
3	4	3·50		7	17	4·07	
			+ 0·06				+ 0·00
4	7	3·68		8	22	4·07	
			+ 0·06				(— 0·005?),
5	10	3·87		9	36	4·00	

gdzie dołączyłem od razu wartości znanej nam (zob. rozdział V.) ilości Δ, t. j. zmiany ciepłoty odpowiadającej wzrostowi głębokości o 1 metr. Widać stąd najwyraźniej, że na całej przestrzeni od $z = 0$ do z bliskiego 25(±) metrom ilość Δ nie wykazuje ani maximum ani minimum. że więc maximum — jeżeli istnieje — musi leżeć albo na samej ciekłej powierzchni jeziora (t. j. tuż zaraz pod lodem), albo już ponad nią (idealnie). Ażeby rzecz tę ilościowo lepiej rozpatrzyć, przedstawiam pionowy pochód ciepłoty w małych głębokościach zwykłym wzorem interpolacyjnym; opierając go na pierwszych czterech liczbach, otrzymujemy

$$\tau = 0{\cdot}2 + 1{\cdot}028\, z - 0{\cdot}0173\, z^2 - 0{\cdot}00837\, z^3,$$

skąd różniczkowaniem, dla zmiennej chyżości ciepłoty τ (wzdłuż z) wyprowadzamy

$$v = 1{\cdot}028 - 0{\cdot}0346\, z - 0{\cdot}02511\, z^2.$$

Warunek $\frac{dv}{dz} = 0$ na maximum lub minimum chyżości v daje teraz

$$-0{\cdot}0346 - 0{\cdot}05022\, z = 0, \text{ skąd } z = -0{\cdot}69 \text{ m.},$$

a samo maximum $V = +1{\cdot}05°$ C. (na samej powierzchni, t. j. dla $z = 0$ mało co mniej. bo $+1{\cdot}03°$ C.). Punkt krzywej P' leżący nad powierzchnią wody charakteryzuje się tem, że dla niego $\frac{d^2\tau}{dz^2} = 0$, t. j. że styczna w nim poprowadzona przylega do krzywej nie do jednego, ale aż do dwóch nieskończenie blizkich elementów (łuczków) krzywej, jest więc on istotnie punktem przegięcia czyli infleksyi.

Wynik ten wydał mi się dość ważnym, ażeby go sprawdzić na podstawie już nie czterech, ale pięciu temperatur wody odpowiadają-

Digitized by Google

cych pięciu kolejnym głębokościom zimowego sondowania termometrycznego. Kładąc algebraiczną krzywą termiczną przez 5 punktów odpowiadających głębokościom $z = 0, 2, 4, 7, 10$ m., otrzymamy najpierw wzór

$$\tau = 0{\cdot}2 + 1{\cdot}0680\, z - 0{\cdot}04334\, z^2 - 0{\cdot}006313\, z^3 + 0{\cdot}000490\, z^4,$$

skąd na wyrażenie zmiennej chyżości v otrzymujemy

$$v = 1{\cdot}0680 - 0{\cdot}08668\, z - 0{\cdot}018939\, z^2 + 0{\cdot}001960\, z^3$$

tak, iż warunek dający maximum lub minimum tej ilości będzie

$$-0{\cdot}08668 - 0{\cdot}037878\, z + 0{\cdot}005880\, z^2 = 0,$$

co rozwiązawszy, otrzymujemy wartość obchodzącego nas tutaj pierwiastka $z = -1{\cdot}79$ m. Samo maximum V' wypadające z ostatniego wzoru interpolacyjnego wynosi $+ 1{\cdot}15^0$ C.; obie pary zbliżonych wartości

K'	V'
$-0{\cdot}69$	$+ 1{\cdot}05^0$
$-1{\cdot}79$	$+ 1{\cdot}15$

wskazują wyraźnie na rzeczywiste istnienie punktu przegięcia P' na idealnej odnodze $T'U''$ naszej krzywej „zimowej", i świadczą, że wartości, jakie K' i V'' przybierają w tym punkcie, są w przybliżeniu $-1{\cdot}2$ metra, a względnie $+ 1{\cdot}1^0$ C. Pierwsza z tych dwóch wartości dała się z liczb tego sondowania wyznaczyć z mierną tylko dokładnością głównie dlatego, że nie przewidując rzeczy, nie wykonałem był wówczas pomiaru temperatury wody w głębokości np. 1 metra i 3 metrów, t. j. tam, gdzie v posiada znaczne jeszcze wartości.

Zanim rozpoznałem znaczenie punktu P w fizycznem badaniu termicznej „mechaniki" jezior tatrzańskich, a nawet zanim spostrzegłem jego istnienie, usiłowałem jakiś czas — nie oceniając jeszcze należycie roli, jaką dopływy i prądy w całej rzeczy odgrywają — wytłomaczyć zmienność temperatury τ wraz z głębokością z zapomocą prostego przewodnictwa ciepła zewnętrznego do coraz to głębszych warstw wodnych. Byłem w błędzie, a przekonawszy się później o niepoziomem uwarstwieniu termicznem jeziora, tudzież o niezmiernym wpływie, jaki na całość zjawiska wywierają dopływy, porzuciłem dawniejsze wyobrażenia, a to tem rychlej, ponieważ w samej teoryi przewodnictwa ciepła znalazłem ważny szczegół przemawiający przeciwko takiemu wyobrażeniu. Gdyby bowiem pionowa zmienność (letnia) temperatury wody miała dać się objaśnić wyłącznie prze-

Digitized by Google

wodnictwem ciepła, to według teoryi Fourier'a musielibyśmy mieć dla pionowej jej zmienności

$$\tau = \tau_0 - A\int_0^z e^{-ku^2} du,$$

gdzie stale $k > 0$, zaś $A \gtrless 0$ według tego czy mamy przed sobą ubytek czy też wzrost temperatury wraz ze wzrostem głębokości z. Zmienna chyżość $v = \frac{d\tau}{dz}$ wyrażałaby się w obu razach prostem równaniem

$$v = -Ae^{-kz},$$

skąd widać, że jej maximum lub minimum (według tego czy $A < 0$, czy też $A > 0$) musiałoby zachodzić w obu razach. dla $z = 0$, t. j. na samej powierzchni jeziora, czego nie potwierdzają fakta zaczerpnięte bezpośrednio z termometrycznych sondowań. Ponieważ punkt P, w którym faktycznie zachodzi maximum pionowej zmiany ciepłoty w porze letniej, leży stanowczo pod powierzchnią wody, zimą zaś bardzo prawdopodobnie w małej wysokości ponad nią, niepodobna zmian temperatury w kierunku pionowym wytłomaczyć samem tylko przewodnictwem ciepła w płynnej masie jeziora, z czego jednak nie musi jeszcze wynikać, ażeby ono na powikłane objawy hydrotermiczne nie wywierało żadnego wpływu. W każdym razie czynnikowi temu potrzeba będzie przyznać tutaj znaczenie tylko drugorzędne. Jeżeli zważymy, że letnia głębokość K punktu P może dosięgnąć wartości kilkunastu metrów, dalej, że zimowa wysokość K' punktu P' (wówczas na idealnej gałęzi $T'' U'$ leżącego) jest bardzo skromną, to z pewnością nie oddalimy się od prawdy twierdząc, iż wpływ przewodnictwa ciepła na pionową zmienność temperatury w jeziorze, występuje najwybitniej w porze zimowej, gdy jezioro nie pobiera prawie wcale dopływów, skąpo zaś pobieranych (o temperaturze bardzo blizkiej 0° C.) nie „dopuszcza" do swego wnętrza. W tym stanie zimowej nieruchomości, powiedziałbym martwoty wód jeziora, już w bardzo małej głębokości pod lodem, zachowuje się całe jezioro tak prawie, jak gdyby było ciałem stałem, a dopiero wówczas przewodnictwo ciepła, latem zamaskowane o wiele potężniejszą działalnością prądów, może wyraźniej zaznaczyć swoje istnienie i wpływ na zmiany obserwowane.

Ostatni szczegół, jaki wypada mi tu podnieść, tyczący się zresztą nietylko Rybiego, ale i wszystkich innych, głębokich jezior tatrzańskich,

Digitized by Google

odnosi się do osobliwszego na pozór faktu, że w największych ich głębokościach znajduje się bardzo często ciepłota niższa o połowę i więcej stopnia C. od 4° C., skoro wiadomo, że woda w tej ciepłocie (a nawet nieco wyższej, bo w 4·07 — 4·09° C.) posiada największą gęstość, a stałość równowagi żąda, ażeby na samem dnie woda była najgęstsza. Osobliwość tego zjawiska jest jednak tylko pozorną. Jest prawdą, że woda w zwykłych warunkach, t. j. zostająca pod ciśnieniem blizkiem jednej atmosferze osiąga w 4·08° C maximum swojej gęstości, ale przestaje to być prawdą wobec ciśnień znaczniejszych. Liczba 4·08° C. nie jest ciepłotą maximalną gęstości wody w głębszych jej „warstwach", ulegających znacznemu ciśnieniu hydrostatycznemu, wzrastającemu co 10 metrów blizko o jedną atmosferę.... W bardzo znacznych głębokościach oceanów, nawet podzwrotnikowych znaleziono ciepłoty 3° C., 2° C., a nawet mniej jeszcze; na dnie oceanu podbiegunowego znaleziono ciekłą wodę mającą ciepłotę — 0·2° C., a nawet — 0·8° C.! A pomimo tego cała masa wody znajduje się w równowadze stałej (lepiej mówiąc, w stanie stałego utrwalenia hydrodynamicznego), gdyż ubytek gęstości wody, spowodowany zniżeniem się jej ciepłoty poza 4·08° C., zostaje sowicie nagrodzony wzrostem gęstości wywołanym ściśliwością wody ugniatanej setkami atmosfer ciśnienia hydrostatycznego. Na mniejszą skalę występuje to samo w głębokich jeziorach tatrzańskich, a niezawodnie także wogóle we wszystkich głębszych jeziorach strefy zimnej i umiarkowanej. Można stwierdzić liczbami, że równowaga jeziora jest stateczną nawet wówczas, gdy ciepłota na dnie jest niższą od 4·08° o połowę stopnia i więcej.

Przyjmując gęstość wody w 0° C. za jednostkę, mamy dla niej (na przestrzeni od 0 do + 15° C.) następujący, przez Kopp'a podany wzór empiryczny

$$\rho' = 1 + 0{\cdot}000061045\,\tau - 0{\cdot}0000077146\,\tau^2 + 0{\cdot}00000003640\,\tau^3,$$

który wyśmienicie przedstawia liczby experymentem znalezione. Prawa jego strona, którą oznaczam krótko $\varphi(\tau)$, daje gęstości wody zmienne z temperaturą pod stałem ciśnieniem bardzo bliskiem jednej atmosferze. Według doświadczeń, które wykonał Grassi[1]), współczynnik ściśliwości wody mającej temperaturę blizką 4° C. wynosi 0·000049; jeżeli więc głoską p oznaczymy całkowite ciśnienie, jakiemu ulega warstwa wody znajdująca się blizko dna jeziora, a posiadająca ciepłotę blizką 4° C., to rzeczywista gęstość wody w tem miejscu będzie

[1]) Annales de chimie et de physique, III-me Série, T. 31.

Digitized by Google

$$\rho = \varphi(\tau) . [1 + 0{\cdot}000049 (p - 1)],$$

zamiast czego, z przyczyny małości wszystkich współczynników tutaj występujących, wolno pisać prościej

$$\rho = \varphi(\tau) + 0{\cdot}000049 (p - 1),$$

przyczem ciśnienie p musi być wyrażonem w atmosferach. Dla dowolnego jeziora głębszego ciśnienie to składa się z dwóch części, raz ze samego ciśnienia b zewnętrznego powietrza, mierzonego każdorazową wysokością słupka rtęci w barometrze, powtóre z ciśnienia hydrostatycznego, proporcyonalnego (bardzo blizko) do głębokości z uważanej warstwy wody. Dla Rybiego i innych nienajwyższych jezior tatrzańskich średnie ciśnienie b wynosi blizko 0·83 atm.; zważając teraz, że ciężar gatunkowy rtęci wynosi 13·596 g., normalny stan barometru 0·76 m., znajdujemy, że słup wody o głębokości $13{\cdot}596 . 0{\cdot}76 = 10{\cdot}33$ metrów wywiera ciśnienie hydrostatyczne równe jednej atmosferze, że więc słup wody z metrów głęboki wywiera ciśnienie

$$\frac{z}{10{\cdot}33} = 0{\cdot}0968 . z \text{ atmosfer.}$$

Skutkiem tego będzie najpierw

$$p = (0{\cdot}83 + 0{\cdot}0968 . z) \text{ atm.},$$

a następnie

$$\rho = \varphi(\tau) + 0{\cdot}00000474 . z - 0{\cdot}0000083,$$

gdzie głębokość z ma być podaną w metrach.

Jeżeli ten wzór zastosujemy do sondowania termometrycznego, wykonanego dnia 17. lipca 1892. r., które m. i. dało najniższą, jaką kiedykolwiek tutaj znaleziono, ciepłotę + 3·50° C. i to już w głębokości 30 m., to otrzymamy zestawienie:

z	τ	ρ
0·0 m.	12·5°	0·9996204
2·1 „	11·25	0·9997622
24·0 „	4·20	1·0002285
30·0 „	3·50	1·0002546,

które okazuje, że pomimo obniżenia się ciepłoty wody od 4·08° do 3·50°, dolne jej warstwy są gęstsze od wyższych, że więc zabezpieczoną jest stałość równowagi jeziora. To samo stosuje się i do reszty ciepłot niższych od 4° C., jakie tak dla Rybiego, jakoteż dla innych głębokich jezior tatrzańskich (zwłaszcza Czarnego Stawu pod Kościelcem) tak prof. Świerz, jak i ja sam wielokrotnie znalazłem. Z po-

Digitized by Google

wyższego widać, iż ciepłoty takie jak: 3·8°, 3·5°, 3·2° C. (jaką np. znalazłem dnia 25. lipca 1892. r. w Czarnym Stawie pod Kościelcem w głębokości 41·9 m.), nietylko że nie są jakąś nieprawidłowością w termicznem uwarstwieniu jeziora, ale właśnie wprost nieuniknionem następstwem stałości letniej jego równowagi. Jedyny dotąd, a rzeczywiście osobliwy przykład anormalnego uwarstwienia termicznego znalazłem dnia 22. lipca 1892. r. w Zmarzłym Stawie pod Zawratem, gdzie po wodzie o temperaturze 2·60° C. (w głębokości niecałych 4 m.) zesuwała się górna warstwa cieplejsza (3·05°) i od tamtej widocznie cięższa, dążąc wprost do odpływu. Bliższe szczegóły podaję na właściwem miejscu.

CZĘŚĆ II.

Inne jeziora tatrzańskie.

Szczegółowe badania termiki Jeziora Rybiego zawarte w części Iej pozwoliło wniknąć w dość znaczną ilość zjawisk wspólnych wszystkim jeziorom górskim; wielokrotnie też wypadało, mówiąc o tamtem, natrącić zarazem o inne, aby uniknąć powracania do jednego i tego samego objawu przy każdem jeziorze z osobna. Korzystając z tego, zdołamy tę część IIgą zamknąć w objętości znacznie mniejszej, a to tem bardziej, że zasób obserwacyjny co do pozostałych jezior jest nieporównanie mniejszym, aniżeli dla Rybiego. Jak już na wstępie powiedziałem, niedostatkowi temu daje się obecnie zapobiedz wprowadzeniem porównawczej metody badania, polegającej na rozpoznaniu różnic, jakie uważane jezioro na punkcie swej termiki wykazuje z tak typowem jeziorem tatrzańskiem, jak Rybie.

A. Czarny Staw nad Rybiem.

Najlepszy, jaki znam, opis tego jeziora podał E. Dziewulski [1]), który w dniach 21.—24. sierpnia 1880. r. bawił przy niem, aby zdjąć

[1]) Pam. Tow. Tatrz., Tom V. Kraków 1880, str. 36 — 43. Ciekawe, że Dziewulski wymieniając w swej pracy daty różnych dni, w których bawił przy tem jeziorze, nie podaje nigdzie roku (tak samo i w poprzedniej pracy o Rybiem), czego dopiero dochodzić było potrzeba.

Digitized by Google

plan jego oraz pomierzyć jego różne głębokości. Do tego opisu niewiele nowego mogę dodać, zwrócę tylko uwagę, że — jak wszystkie głębokości podane przez Dziewulskiego, tak i tutaj — należy pomniejszyć blizko o 6% z powodu kurczenia się sznura we wodzie, dalej, że wysokość jeziora nad p. m., jaką on podaje (1552·9 m.) jest stanowczo za małą. Z pomiaru barometrycznego E. Janoty, obliczoczonego przez prof. Karlińskiego[1]) wypadła liczba 1581·7 m., z podobnego pomiaru Kolbenheyer[2]) znajduje jeszcze nieco więcej bo 1597·7. Liczba 1594·7 m., którą p. Świerz podaje, jest niewiadomego dla mnie pochodzenia.

Co do topografii jeziora zauważę jeszcze, że chyba nie istnieje drugie, większe a głębokie jezioro w Tatrach, któreby w takim jak ono stopniu było zacieśnione. Mówię o zacieśnieniu nietylko w poziomych kierunkach, ale także w pionowym. Należy wyobrazić sobie głęboki kocioł o ścianach bardzo stromych, wznoszących się na 1 kilometr ponad poziomem jeziora, nagich, dzikich, urwistych, z którego to kotła zaledwo jaka ¼ lub ⅓-ta część całej powłoki (od północy) została usuniętą. Wobec tego stosunki insolacyjne tego jeziora są bardzo mizerne; podczas długiego dnia letniego wody tego jeziora są oświetlane promieniami słońca najwyżej przez jakie 5 godzin i to jeszcze pod warunkiem, że w godzinach blizkich południa słońce nie znajduje się poza chmurami. Przez blizko 6 miesięcy (październik — marzec) wody jeziora pozostają nawet w południe w ustawicznym cieniu, który rzucają na nie bardzo blizkie grzbiety Żabiego, Rysów i Turni Mięguszowieckiej. Jezioro ma, jak wiadomo z karty Dziewulskiego, postać owalu, ku stokom Rysów miernie wydłużonego z jedynem głębszem wcięciem na samej granicy obu masywów górskich: Żabiego i Rysów To wcięcie jest nieco za płytkiem na karcie Dziewulskiego (pomiędzy *C* i *F*). Część południowa brzegów (na karcie Dziewulskiego między *E* i *C*), tam gdzie Rysy wiążą się trzonem z Turnią Mięguszowiecką, jest już nawet dość położystą, aby miejscami zezwolić na utworzenie się murawników. Stwierdzam również istnienie wśród jeziora ogromnego złomu granitowego, który już Dziewulskiemu wydał się zasługującym na zaznaczenie (przedmiot *D* jego karty); jest to największy egzemplarz zatopionego złomiska, jaki zdarzyło mi się kiedykolwiek widzieć w jeziorach tatrzańskich. O wielkiem polu śnieżnem *(C)* pod Rysami, mającem budowę w połowie już lodową, podaję niżej kilka szczegółów.

[1]) Sprawozd. Komisyi fizyograf. za rok 1867,

[2]) Jahrb. des ungar. Karpathen-Vereines, Bd. VII, pag. 130.

Digitized by Google

Do znajomości stosunków ciepłoty powietrza w tej dzikiej kotlinie posiadamy nieporównanie mniej danych, aniżeli z sąsiedniej Doliny Rybiego Jeziora. Trzydzieści kilka obserwowanych tam temperatur w miesiącach letnich różnych lat i o rozmaitych godzinach, nie zezwala na wyprowadzenie żadnych bezpieczniejszych wniosków nawet metodą różnic z Krakowem. Bardziej zresztą właściwem byłoby wyznaczenie różnicy termicznej pomiędzy obydwiema kotlinami; ale i do tego celu drobny zasób dorywczych dat termometrycznych jest niewystarczającym. Dziewięć rzeczywiście równoczesnych takich dat, jakie zebrałem w r. 1892.[1]) zapomocą termometrografu funkcyonującego czasowo przy schronisku Staszica, mogą dostarczyć oczywiście tylko bardzo skąpych informacyj.

Rok	Data	Godzina	Rybie	Czarny Staw
1892	11. lipca	2^h p.	14·3°	13·9° C.
„	„	3 „	13·5	13·6
		6 „	12·6	13·0
		7 „	11·2	10·2
		8 „	10·2	9·0
„	12. lipca	10¼ a.	13·4	10·7
	„	11¼ „	14·0	10·9
		5 p.	15·5	14·0
		6½ p.	13·6	12·3.

Stąd można wnosić tylko tyle, że termiczna różnica obu miejscowości wynosi blizko 1·2° C., że jest ona — zdaje się — nieco większa przed południem, zapewne skutkiem wczesnego oświetlenia kotliny Rybiego przez promienie słońca, podczas gdy wyższa kotlina około dwóch godzin pozostaje jeszcze w zupełnym cieniu. Prawie tę samą liczbę otrzymujemy, obliczając termiczną różnicę z różnicy wzniesień obydwóch jezior (b. blizko 1·9 hm.) nad p. m., a mianowicie przyjmując letni ubytek ciepłoty na 1 hm. wysokości równym 0·6° C. do 0·65° C., co według poszukiwań prof. Hann'a na podobnych terenach alpejskich rzeczywiście zachodzi. Zważając więc, że jako różnicę aerotermiczną (Kraków — Rybie) mamy w miesiącach letnich wartość 6·1°, będzie w tej samej porze (Kraków — Czarny Staw) = 7·3°, skutkiem czego na przebieg roczny otrzymamy w przybliżeniu

$$(\text{Kraków} - \text{Czarny Staw}) = 6{\cdot}5^0 + 0{\cdot}046\ T,$$

[1]) Włączając starsze odczytania termometryczne, oraz zebrane przeze mnie w lecie 1893., możnaby się doliczyć ich razem około 50.

Digitized by Google

gdzie, jak zwykle, przez T rozumiemy równoczesną temperaturę krakowską. Nie będę powtarzał, że wzór ten, lubo nie mogący zadawalać meteorologa, jest do celów hydrotermicznych przybliżeniem dostatecznem.

W następującej tabelce zestawiam wszystkie, znane dotąd ciepłoty na powierzchni tego jeziora wraz z równoczesnemi ciepłotami powietrza, datami i godzinami, w których obserwacya została wykonaną.

Rok	Data	Godzina	Powietrze t	Woda τ	Obserwator	Uwagi
1866	18 sierp.	9½ a. m.	8·7° C.	10·0° C.	Janota	
1876	12 lipca	3¾ p. m.	12·0	7·0	Świerz.	
1877	24 sierp.	?	11·2	11·5	Roth	
1878	24 „	5¾ p.	10·0	8·8	Świerz.	
1879	23 „	6¼ a.	8·0	8·0	„	
1880	23 „	popoł.	13°—16° (śred. 14·5°)	10·2 (upust)	Dziew.	(środek 8·6°)
1890	5 „	9 a. m.	18·1	8·5	B.	(dopł. do Ryb. u dołu mierzony)
1892	11 lipca	10½ a.	15·4	9·3	„	„
1892	11 „	2 p.	13·9	10·7	„	Staw w słońcu
1892	11 „	3 p.	13·6	9·6	„	Staw w cieniu
1892	11 „	6 p.	13·0	9·3	„	Środek stawu, cień
1892	11 „	7 p.	10·2	9·4	„	Odpływ u góry przy kładce
1892	11 „	8 p.	9·0	8·6	„	Odpływ u dołu przed wejściem do Rybiego
1892	12 „	10¼ a.	10·7	8·2	„	„
1892	12 „	11¼ a.	10·9	9·5	„	Staw w cieniu
1892	12 „	5 p.	14·0	10·5	„	Staw w słońcu
1892	12 „	6½ p.	12·3	10·8	„	W zatoce
1892	12 „	7 p.	11·5	9·4	„	Odpływ u góry mierzony
1893	26 „	8½ a.	6·8	7·7	„	Odpływ u dołu mierzony
1893	27 „	11 a.	17·0	9·4	„	Staw przy Turni Mięguszowieckiej
1893	27 „	12½ p.	17·4	10·1	„	Odpływ u góry; cień
1893	27 „	12¾ p.		9·0	„	Siklawa w pół wysokości
1893	27 „	1 p.	17·8	9·7	„	Siklawa u dołu przed wejściem do Rybiego
1893	1 sierp.	6 p. m.	9·6	9·0	„	Odpływ przy kładce u góry.

Druga tabelka, którą poniżej pomieszczam, zawiera przybliżone średnie dzienne wody tego jeziora, otrzymane po zastosowaniu wspo-

Digitized by Google

mnianych redukcyj, jako też takie same a równoczesne ciepłoty na powierzchni Rybiego, zasilanego właśnie wodami tamtego. W całem piętnastoleciu od 1860. do 1875. nie znalazł się ani jeden wykształcony turysta, któryby poświęcił odrobinę czasu, aby ciepłotę wody na powierzchni rozgłośnego jeziora dolnego chociażby raz zmierzyć, podczas swego tam pobytu. Dziewulski, który w sierpniu r. 1880. bawił kilka dni przy górnem jeziorze (zob. wyżej), a przy sposobności pomiarów jego głębokości zmierzył także ciepłotę jego w trzech punktach powierzchni, nie wspomina słowem, jaka też mogła być równoczesna ciepłota na powierzchni Rybiego, lubo mógłby był wówczas z największą łatwością jakie 10 razy taki pomiar wykonać. W dwóch lub 3 takich przypadkach nie pozostawało nic innego, jak tylko poprzestać na obliczonych (zapomocą zasadniczego naszego wzoru) przybliżonych średnich dziennych ciepłotach wód Rybiego, ażeby w porównawczej tabelce luki nie pozostawiać.

Tak postępując doszedłem do następującego zestawienia:

Rok	Data	Czarny Staw	Rybie	Różnica
1876	12 lipca	6·5°	9·5°	— 3·0° C.
1877	24 sierp.	11·1	12·4	— 1·3
1878	24 „	8·6	10·6	— 2·0
1879	23 „	9·1	11·9	— 2·8
1880	23 „	9·1	12·0	— 2·9
1890	5 „	9·8	13·4	— 3·6
1892	11 lipca	9·5	12·0	— 2·5 (ważność 2)
„	12 „	9·5	12·3	— 2·8 („ „)
1893	26 „	8·8	11·5	— 2·7
„	27 „	9·2	11·3	— 2·1
„	1 sierp.	8·9	10·6	— 1·7

Średnia różnica po uwzględnieniu ważności — 2·5° C.,

w miesiącach lipcu i sierpniu. Dwom liczbom nadałem ważność podwójną z powodu, że wypadły one z kilku (moich) odczytań termometru w ciągu dnia, podczas gdy pozostałe polegają na jednorazowem tylko jego odczytaniu.

Byłoby daremnem z tak skąpego jeszcze materyału obserwacyjnego usiłować wyciągnąć jakie dalsze wnioski prócz tego jedynego. Jeżeli zważymy, że według wiadomości, jakie dotąd dały się zebrać (zob. ustęp o zimowej fizyognomii jezior tatrzańskich) odmarzanie tego jeziora następuje około 2 tygodnie później od podobnego zjawiska przy Rybiem, to przyjmując analogicznie 2-tygodniowe przyspieszenie je-

Digitized by Google

siennego zamarzania, otrzymamy okrągło miesiąc czasu, o który Czarny Staw pod Rysami jest krócej w stanie zupełnej ciekłości, aniżeli większe, płytsze i niższe odeń jezioro Rybie.

Staw Czarny pod Rysami jest jeziorem ściśle należącem do typu Igo, tj. pobierającem dopływy wprost od topniejących śniegów. Gdy brzegi jego do początku lipca bywają zawalone zlodowaciałym śniegiem, zwłaszcza po stronie południowej i wschodniej (urwistość brzegów zachodnich nie pozwala na znaczniejsze nagromadzanie się śniegu w porze zimowej), a śniegi te małoco wytopiwszy się ku górze, zalegają w niewielkiej już wysokości całe tylne (południowe) jego pobrzeże nawet w głębi lata, trudno mówić tutaj o dopływach w tem rozumieniu rzeczy jak przy Rybiem. Małe, zimne dopływy, które tam nawet nie wpadają w oczy wobec obydwóch wielkich jego dopływów, są tutaj r e g u ł ą, gdy tam na punkcie obfitości były jedynie drugorzędnym objawem. Jeżeli już chodzi o wskazanie w i d o c z n i e j s z y c h dopływów tego jeziora, a więc obfitszych i przedstawiających dłuższe strugi wodne, to mogę wymienić dwa tylko. Obydwa pochodzą ze śniegów zalegających kociołkowate części Turni Mięguszowieckiej tutaj nietylko że prostopadłą ścianą ku jezioru spadającej, ale w jednem miejscu (*E* na karcie Dziewulskiego) zwieszonej ponad jego wodami. Jedna z tych „Siklaw“ widnieje z daleka długą białą smugą na czarnych skałach tej Turni, druga od niej obfitsza, właśnie przy wspomnianem urwisku, spada w powietrzu na stosy złomów granitowych, wśród których się gubiąc dla oka, ukrycie zasila swą wodą basen jeziora. Zresztą każdy topniejący płat śnieżny jest początkiem drobnego, lecz bardzo stałego dopływu, posiadającego przez długi czas z rzędu jednostajną ciepłotę niewiele wyższą od 0°. Najobfitszy z nich (prócz dwóch wspomnianych wodospadów) posiadał ciepłotę 1·6° C. w dniu 11. lipca 1892. Wielkie pole zlodowaciałego śniegu, wspomniane już przez D z i e w u l s k i e g o (karta jego lit. *C* pod Rysami, tuż obok kolosalnego złomu granitowego *D* zatopionego w jeziorze i sterczącego może $\frac{1}{10}$-tą częścią ponad poziomem jeziora), tworzące początek tego dopływu, liczyło (w dniu 11. lipca 1892) 106 metrów szerokości, a jakie 300 m. (ocenionej na oko, nie mierzonej) długości ku górze. Przy dwumetrowej blizko grubości tego pokładu, objętość jego przekraczała więc 50 tysięcy metrów sześciennych, a masa taka zdoła niezawodnie oprzeć się topnieniu nawet wśród najgorętszego lata. Dnia 1. sierpnia 1893. nie znalazłem żadnej widoczniejszej zmiany w ogólnym wyglądzie tego skalistego śniegu, pomimo że nadzwyczajne upały sierpniowe roku 1892. i nadmiernie ciepły wrzesień tegoż roku dawały dostateczną sposobność do znaczniejszego stopnienia pokładu.

Digitized by Google

Zauważę jeszcze, że w lipcu 1892. oglądałem m. i. na zboczach Żabiego średniej wielkości płaty śnieżne, częścią zlodowaciałe z powrastałymi w nie kamieniami średnich rozmiarów, co zdawało się wskazywać na resztki lawin wiosennych. Od tych płatów należy wyróżnić bardziej krystaliczne ławice półlodowe, które rozsiadły się znacznie niżej od tamtych, a w których jestem skłonny upatrywać szczątki zimowej powłoki jeziora, pozostawione tam po zmniejszeniu się wysokiego stanu wody jeziora na samym początku lata.

Zupełny dzisiaj brak tratwy na tem posępnem jeziorze nie pozwolił nawet myśleć o tak szczegółowem sondowaniu termometrycznem jego wód, jak to co do Rybiego dało się uskutecznić, a spór graniczny udaremnił chęć zbudowania tratwy.

Jedynie przyrządem pomysłu Fugger'a (zob. wyżej), który przystosowałem do termometrycznego sondowania, zdołałem z kłopotem i trudem zdobyć chociaż trzy liczby z pewnego względu bardzo pouczające:

1892, 11. lipca p. m.,	głębokość	0 m.	ciepłota 9·3° C.
		2·5 „	6·5
		14·0 „	5·9;

liczby te odnoszą się do stanowiska tratewki Fugger'a bliższej już tyłowi jeziora, a mianowicie punktu leżącego w okolicy przecięcia się podłużnicy III z poprzecznicą 3 na karcie Dziewulskiego. Głębokość (niepoprawiona) dna jeziora wynosiłaby w tem miejscu około 75 metrów.

Stąd widać, że podówczas jezioro było pokryte na powierzchni cienką warstewką wody nieco cieplejszej, ale że już w bardzo małej głębokości pod jego poziomem następował nagły spadek temperatury. Gdy między powierzchnią a małą głębokością 2·5 m. średni ubytek na 1 metr wynosił aż 1·12° C., taki sam średni ubytek pomiędzy 2·5 m. a 14·0 m. wynosił już tylko 0·052° C. Chociaż więc trzy powyższe daty nie pozwalają obliczyć głębokości „krytycznej" K, w której zachodzi najspieszniejszy spadek ciepłoty wraz z głębokością, to jednak już z tego porównania wynika, iż rzeczona głębokość z wszelką pewnością nie przenosiła 2 metrów. Wielokrotnie już omawiany przez nas punkt przegięcia P krzywej termicznej zdołał więc — dzięki późnemu odmarznięciu jeziora i jego bardzo skąpej insolacyi — do dnia 11go lipca 1892. ponurzyć się bardzo jeszcze płytko, na co zresztą wskazywały już same kry lodowe z rzadka pływające po jego powierzchni. Co się tyczy innych szczegółów jego termiki, to wnosząc ze spostrzeżeń przy Rybiem zebranych i zważając na znacznie większą stromość jego dna, a wreszcie postać znacznie mniej wydłużoną, na-

Digitized by Google

leży się domyślać, że jego powierzchnie isotermiczne będą mocno wklęsłemi, coś w rodzaju paraboloid eliptycznych, że więc postać termicznych isobatów będzie się zapewne zbliżała do układu elips prawie współśrodkowych. Termometryczne sondowania, które — mam nadzieję — zdołam ja sam, czy kto inny, rychlej lub później na tem jeziorze wykonać, wykażą, o ile domysł ten jest uzasadnionym.

B. Jeziora Doliny Pięciu Stawów Polskich.

Co do fizyograficznego i geograficznego opisu tej doliny, wystarczy mi odwołać się do prac L. Zejsznera [1]), E. Dziewulskiego [2]) i Rehmana [3]). Z obchodzących nas tutaj szczegółów topograficznych wymieniam tylko następujące. Kierunek tej długiej doliny, poprzecznej do głównego łańcucha tatrzańskiego, jest z *NE* na *SW*; wejście do niej leżące na wysokości 1120 metrów (Schronisko Roztoka), całkiem jeszcze pośród zasięgu leśnego, jest mocno zacieśnione zbliżonymi tutaj do siebie bocznymi łańcuchami górskimi. Z tych prawy (dla wchodzącego) utworzony jest z rozległych stoków potężnego masywu górskiego: Wołoszyna, oraz przełęczy jego ze sąsiednią Małą i Wielką Koszystą; na lewy, a wogóle znacznie niższy, składają się przedłużenia grzbietu Miedziane, spadające ku przodowi Doliny dość nagle, a w rozmaitych swych częściach zwane Świstówka, Wirch Opalony, itd. Prawa ściana doliny, postępując ku jej tyłowi, zniżywszy się na głośnej przełęczy Krzyżne, piętrzy się dalej jako Granaty. Kozi Wirch, przełęcz Zawrat, a wreszcie Świnnica, ostatnia już do głównego łańcucha należąca. Trzeciorzędne gałęzie górskie, dziś już mocno zniszczone, oddzielające się od wspomnianych, do nich znowu prostopadłe, a noszące nazwy Buczynowej Turni itd., wytworzyły po prawej stronie głównej doliny szereg mniejszych, wyższych dolin, noszących rozmaite nazwy (Buczynowa, Pusta, pod Kołem) a przerażających swą dzikością. Szerokość głównej doliny jest bardzo niejednakowa; najniższe jej piętro u wejścia jest zarazem najwęższe. Tamtędy pomiędzy stykającemi się prawie stopami obu drugorzędnych łańcuchów górskich przedziera się potężny strumień wodny: Roztoka, zabierający wody z całej tej doliny i wszystkich pobocznych. Ogromny

[1]) Biblioteka Warszawska z roku 1844 i 1849.

[2]) Pam. Tow. Tatrz., T. VI, Kraków 1881, str. 86—98. Pamiętnik Fizyograficzny, Warszawa 1881. T. I, str. 86—100.

[3]) Słownik geograf. Królestwa polskiego, tom XII, sub voce Tatry.

Digitized by Google

spadek terenu w środkowej części doliny sprawia, że Roztoka na całej swojej przestrzeni tworzy nieprzerwany szereg wodospadów, z których największy: Wielka Siklawa, jest bezpośrednim odpływem największego jeziora tej doliny, Wielkiego Stawu, będącego wogóle największem ze wszystkich jezior tatrzańskich. Minąwszy urwistą Świstówkę, stajemy na górnem piętrze doliny, gdzie właśnie rozsiadły się jeziora, z których na tem stanowisku tylko trzy są widzialne: Staw Przedni, Mały i Wielki; dwa pozostałe, Staw Czarny, a zwłaszcza najwyższy ze wszystkich Zadni, leżą na dwóch jeszcze wyższych piąterkach już pod samym głównym łańcuchem górskim (u Staszica Liptowskie Mury, dziś trzon Miedzianych, Gładkie, Zawory, Świnnica), i dają się dostrzedz dopiero podczas dalszego pochodu doliną tutaj już znacznie rozszerzoną. Zwłaszcza ostatni (Staw Zadni) jest tak ukryty poza długą i łukowatą wygiętą gałęzią (trzeciorzędną), że dla turysty zwiedzającego po raz pierwszy to pustkowie, istnienie zbiornika wód w tem miejscu jest niespodzianką. Cztery pierwsze jeziora usadowiły się bezpośrednio pod lewą ścianą całej doliny; z tej strony nie posiada ona wcale dolin pobocznych, jak je widzimy po prawej. Dochowane dotąd zwały (moreny) w tych ostatnich, uderzające regularnością swojej budowy (zwłaszcza w Dolinie Buczynowej) oraz lejkowate tam zagłębienia wypełnione grubym pokładem śniegów, nieschodzących nawet w głębi lata, świadczą wyraźnie o istnieniu tam mniejszych jezior i to w nie tak dawnej jeszcze przeszłości. Wogóle fizyognomia całej doliny uległa niewątpliwym zmianom już od czasów Zejsznera, jak o tem będę miał jeszcze sposobność pokrótce nadmienić; zapewne nigdzie więcej w Tatrach nie postępuje proces niszczenia wzniesień i ogólnej niwelacyi krokiem szybszym, jak tutaj właśnie.

Cztery większe jeziora tej doliny (Staw Mały o powierzchni niecałego $\frac{1}{4}$ ha., a tylko 2 m. głęboki, może uchodzić za odnogę Stawu Przedniego), należą już to do typu Igo (Przedni, Czarny pod Gładkiem i Zadni pod Zawratem), już to do IIgo (Wielki), lubo typ Iszy mógł się dla przyczyn, które wyłuszczam poniżej, rozwinąć wyraźnie tylko w jednym z nich (Zadni). Wszystkie trzy zasilają Wielki Staw z osobna dopływami (Przedni za pośrednictwem Małego) z nadmiaru własnych wód pochodzącymi; same zaś pobierają wody już wprost z topniejących śniegów. Baseny ich odgraniczone są po stronie spadku doliny zwałami (morenami), podobnymi jak przy innych jeziorach tatrzańskich, co występuje najwyraźniej przy Czarnym Stawie pod Gładkiem, gdzie wał taki, jak gdyby ręką ludzką usypany, zadziwia turystę swoją regularnością. Najmniej pokaźnie przedstawia się znacznie

Digitized by Google

już zniszczona morena Stawu Przedniego, co może wskazuje na większą jej starość niż pozostałych.

1. Wielki Staw.

Dwudziestu kilku dat aerotermicznych, jakie odnoszą się do środkowego tarasu Doliny Pięciu Stawów Polskich nie można uważać za materyał meteorologiczny. Wobec tego nie pozostaje nic innego, jak różnicę termiczną tej miejscowości (3 stawy: Przedni, Mały i Wielki) i Rybiego, oznaczyć w przybliżeniu z różnicy ich wzniesień nad poziom morza. Różnica ta wynosi bardzo blizko 2·9 hm., co dawałoby $2{\cdot}9 . 0{\cdot}65 = 1{\cdot}9^0$ C. termicznej różnicy w porze letniej; z uwagi więc, że różnica (Kraków - Rybie) w porze letniej wynosi bardzo blizko 6·1° C., będzie w tej samej porze dostatecznie dokładnie

$$\text{Kraków} - \text{środk. taras Dol. 5 Staw.} = 8{\cdot}0^0 \text{ C.},$$

a więc różnica termiczna nieco zmienna w ciągu różnych pór roku

$$\text{Kraków} - \text{środk. taras Dol. 5 Staw.} = 7{\cdot}2^0 + 0{\cdot}046\ T,$$

gdzie, jak zwykle, T oznacza równoczesną ciepłotę powietrza w Krakowie. Przybliżone średnie (normalne) miesięczne, odnoszące się do tarasu, o którym mówimy. byłyby więc:

Styczeń	(— 11·2)° C.	Maj	+ 5·9°	Wrzesień	+ 6·2°
Luty	(— 9·5)	Czerwiec	+ 9·6	Październ.	+ 1·3
Marzec	(- - 5·5) .	Lipiec	+ 10·8	Listopad	(— 5·3)
Kwiecień	(+ 0·5)	Sierpień	+ 10·1	Grudzień	(— 9·5),

przybliżona średnia roczna + 0·3° C.

Liczby ujęte w nawiasy są mniej pewne od pozostałych.

W następującej tabelce zestawiam, podobnie jak co do Czarnego Stawu pod Rysami, średnie dzienne ciepłoty wód tego jeziora, otrzymane z bezpośrednich liczb obserwacyjnych po zaopatrzeniu ich wiadomemi poprawkami, oraz w sąsiedniej kolumnie równoczesne średnie dzienne wód Rybiego, otrzymane sposobem już poprzednio użytym. Dalsza kolumna zawiera różnice (Wielki Staw — Rybie), zaś ostatnie dwie kolumny równoczesne wartości krakowskich ciepłot T' i T'' znane nam już z części I-ej.

Rok	Data	Wielki Staw	Rybie	Różnica	T'	T''
1876	16 lipca	9·2°	11·8	— 2·6°	18·1	15·5
1877	8 sierp.	10·0	11·6	— 1·6	17·6	17·7
1880	15 lipca	11·9	12·8	— 0·9	21·2	15·2

Digitized by Google

Rok	Data	Wielki Staw	Rybie	Różnica	T'	T''
1880	31 lipca	11·0°	12·9	— 1·9°	19·0	18·5
1881	22 „	—	—	—	—	—
1882	12 sierp.	7·1	10·8	— 3·7	15·8	17·6
1884	5 „	7·9	11·3	— 3·4	16·5	17·2
1884	25 „	8·0° [1])	10·2	— 2·2	15·5	18·0
1890	5 „	11·5	13·4	— 1·9	18·5	16·6
1892	21 lipca	8·1	11·0	— 2·9	17·3	17·4
„	22 „	8·6	11·1	— 2·5	17·2	17·5
„	7 sierp.	9·0	11·3	— 2·3	16·5	17·3
„	19 „	12·7	14·4	— 1·7	19·0	17·2
„	20 „	12·4	12·9	— 0·5	19·7	17·2
„	4 wrześn.	11·5	12·7	— 1·2	20·1	17·7
„	13 „	11·4	12·2 [2])	— 0·8	16·7	17·9
„	21 „	[11·3]	[11·9]	— 0·6	16·0	18·7
„	22 „	[10·8]	[11·6]	— 0·8	16·1	18·7
1893	5 sierp.	9·9	10·9	— 1·0	16·0	17·1

Cztery liczby ujęte w nawiasy kwadratowe oznaczają nie średnie dzienne, ale wprost równoczesne odczyty termometryczne przy jednem, a względnie drugiem jeziorze, które — trafem — dokładnie o tych samych godzinach tam i tu (prof. Świerz przy W. Stawie, moi obserwatorzy przy Rybiem) zostały wykonane.

Bezpośrednich odczytań ciepłoty nie umieszczam, ażeby i tak już wzrosłej objętości swej pracy nadto nie powiększać (obserwatorzy: Świerz, Dziewulski, Dr. J. Karliński, oraz autor pracy niniejszej). Co do miejsca, w którem pojedyncze pomiary ciepłoty były wykonane, to z wyjątkiem trzech liczb znalezionych na środku jeziora, wszystkie inne odnoszą się do pobrzeża północno-wschodniego.

Pomimo szczupłości powyższego zestawienia, widać stąd — i to wcale wyraźnie — że odjemna różnica (Wielki Staw — Rybie) jest nieco zmienną, że mianowicie absolutna jej wartość (t. j. wzięta dodatnio), zależną jest w znacznym stopniu od termicznej jakości pory letniej, z której też wyłącznie posiadamy daty hydrotermiczne tego jeziora.

---

[1]) Zredukowane tylko w przybliżeniu; dzień był chłodny, w ¾ pochmurny, wietrzny; obserwacya (8·4°) wykonana około 3 h. p. m.; korekcya na średnią dzienną wynosiła w przybliżeniu — 0·4° (zobacz rzecz o korekcyach w Części I-ej).

[2]) Liczba wzięta z ogólnego wyrównania (pięciodniówkami) systematycznych obserwacyj przy Rybiem we wrześniu 1892 r. i z pewnością dokładniejsza, aniżeli średnia z bezpośrednich obserwacyj pochodząca (Borowski), która w tym dniu była nieco za wysoką.

Digitized by Google

Ażeby umożebnić zoryentowanie się pod tym względem, dołączyłem w powyższej tabelce znane nam ze znaczenia średnie krakowskie T' i T'' (średnia ciepłota powietrza 3-ch ubiegłych pięciodniówek, względnie podobna średnia z 9-ciu jeszcze wcześniejszych pentad). Już powierzchowne rozpatrywanie liczb wykazuje, że termiczna różnica obydwóch jezior bywa największą w latach zimnych, t. zw. „zgniłych", zmniejsza się zaś podczas długo trwających upałów. Wybitnie pod tym względem zaznaczają się zwłaszcza daty 15. lipca 1880. 20. sierpnia 1892, oraz wrześniowe tego samego roku — wszystkie odnoszące się do miesięcy anormalnie gorących — jeżeli je porównamy z liczbami nadto chłodnego lipca r. 1892, sierpnia 1884, a zwłaszcza niezwykle zimnego sierpnia 1882. r. Rzecz jasna, iż na wywołanie trzystopniowej niemal zmienności owej różnicy, musiały się składać dłużej trwające czynniki przyrody i że momentalna termiczna anomalia albo nawet anomalia średniej dziennej (tj. średnia dnia daty n — średnia normalna dnia daty n) nie może odgrywać tu żadnej ważniejszej roli. Niezmiernie opieszałe ogrzewanie się wody nakazywało oglądnąć się za przyczynami tego objawu, leżącemi znacznie wstecz przed datą odpowiedniego pomiaru. Jak poprzednio, przy rozpatrywaniu termiki Jeziora Rybiego, tak i tu należało mi dopiero dochodzić uciążliwymi rachunkami i zestawieniami tabelarycznemi, jaki kres wsteczny rzeczonych przyczyn (przebiegu zmian ciepłoty powietrza) przyjąć wypada. Średnie ciepłoty powietrza ubiegłej pięciodniówki, a nawet dekady, nie objaśniały żadnej ze znaczniejszych różnic: dopiero włączenie trzeciej wstecznej pentady pozwoliło dopatrzeć szukanego związku, który już dość wyraźnie zarysował się pomiędzy każdą parą liczb (różnica hydrotermiczna obydwóch jezior i liczba T'). Występujące tu i owdzie drobniejsze niezgodności zdawały się wskazywać, że i wcześniejsze od tych pentady nie są na rzecz bez wpływu. Kolejnem cofaniem się (już dekadami), zestawiając zawsze średnie otrzymane z różnicami, które jeszcze należało objaśnić, dosięgnąłem stanowiska czasu blizko dwumiesięcznego przed datą uważanej obserwacyi [1]). Gwoli jednostajności wprowadziłem i tutaj — jak przy badaniu termiki Rybiego — te same dwa argumenty T' i T''.

Tyle co do genezy liczb T', T'', od których należało mi zatem uczynić zawisłą zmienność różnicy hydrotermicznej. Pozostawało jeszcze

[1]) Niezmierną usługę w niniejszem poszukiwaniu oddały mi akademickie publikacye Komisyi fizyograficznej w Krakowie (sekcya meteorologiczna), bez których rozplątywanie zjawisk hydrotermicznych u jezior tatrzańskich byłoby nie do wykonania.

Digitized by Google

samo ilościowe wydobycie związku, o którym mowa. Użycie funkcyi liniowej

$$r = \alpha + \beta T' + \gamma T'',$$

gdzie r jest różnicą termiczną obydwóch jezior w porze letniej, daje szereg równań, które — po jak najkorzystniejszem wyrównaniu między sobą — pozwalają znaleźć wartości stałych α, β, γ, z dokładnością, od której naturalnie nie będziemy zbyt wiele wymagali. Na rzeczoną różnicę termiczną r znalazłem w ten sposób wyrażenie

$$r = -13{\cdot}7^0 + 0{\cdot}32\ T' + 0{\cdot}42\ T'',$$

które całość naszych liczb niezgorzej przedstawia. Pomimo niedostatków, jakie niewątpliwie tkwią w tym wzorze, a których na podstawie obecnego materyału obserwacyjnego niepodobna uchylić, zdaje on przecie lepiej sprawę z objawów termicznej różnicy obydwóch jezior, aniżeli gdybyśmy poprzestali jedynie na średniej ($= -1{\cdot}8^0$ C.) z bardzo różnych wartości tej różnicy. Tłómaczy on m. i. i ten ciekawy objaw, że na samym schyłku lata, zwłaszcza gorącego, albo też na początku jesieni, wody obu jezior posiadają na swych powierzchniach ciepłoty mało co różne, pomimo blizko 3 hm. różnicy ich wzniesień. Wystąpiło to wyraźnie, zwłaszcza na początku jesieni r. 1892. po niebywałych upałach drugiej połowy sierpnia tego roku, poczem nastąpiła w całym wrześniu znaczna jeszcze zwyżka temperatury ponad normalną. Objaw ten dostrzegamy zresztą także i w pozostałych jeziorach Doliny Pięciu Stawów: wskazuje na to już ta jedna okoliczność, że pochód zmian ciepłoty we wszystkich pięciu jest niemal równoległy, jak to poniżej zobaczymy. Daje się on skonstatować, chociaż mniej wybitnie, także i co do Czarnego Stawu pod Kościelcem, posiadającego znacznie pośledniejsze warunki insolacyjne od tamtych, a nawet w tak wysoko położonem i zimnem jeziorku, jak Zmarzły Staw pod Zawratem. Tu i tam daje się dostrzedz w podobnych warunkach meteorologicznych, wyraźna dążność do wyrównania ich ciepłoty (na powierzchni) z ciepłotą jezior znacznie niżej położonych. Tłómaczy się to zjawisko całkiem naturalnie zubożeniem materyału zasilającego jeziora statecznie w normalnych warunkach, tj. śniegu. Niebo zupełnie wypogodzone, które towarzyszy wysokiej temperaturze letniej, a zwłaszcza bezpośredniej insolacyi, brak świeżych opadów, składają się na posuchę, w czasie której poziomy jezior opadają, a zasób wody odpływającej schodzi do minimum. Jedna część odpływów, z mniejszych zwłaszcza jezior (tak np. z licznych stawków Gąsienicowych pomiędzy Świnnicą a Kościelcem) zanika nawet rok rocznie z końcem

Digitized by Google

lata, czego wymownem świadectwem jest nawet sama nazwa Suchy Potok, (częściej Sucha Woda), przydzielona takim peryodycznym potokom. Jasnem jest, że wówczas jeziora przedstawiają się jako zbiorniki wody prawie stojącej, że więc górne warstewki ich wód, będą zdążały do przybrania tej samej ciepłoty, gdzie tylko równe w przybliżeniu warunki insolacyjne będą istniały. Wzniesienie nad p. m. odgrywa w takich razach rolę tylko podrzędną, a to tem bardziej, że insolacya (nie ciepłota w cieniu!) wyższych miejscowości przy zmniejszonem pochłanianiu promieni ciepła słonecznego w atmosferze, jest w ogólności większą aniżeli niższych. Niedaleko szukając, sam Wielki Staw, o którym mówimy, posiadał w pierwszej połowie września 1892 r. ciepłotę na powierzchni przeszło 1½ stopnia wyższą aniżeli Staw Czarny pod Kościelcem, pomimo że pierwszy ½ hm. leży ponad ostatnim, nie mówiąc już nic o Czarnym Stawie pod Rysami, który będąc o cały hektometr niższym od Wielkiego, wykazuje na niekorzyść swojej ciepłoty co najmniej taką samą różnicę.

Najstarsze sondowanie termometryczne tego jeziora wykonał p. Świerz w dniu 25. sierpnia 1884 r. w dwóch tylko miernych głębokościach [1]). Ponieważ badacz posługiwał się wówczas innym sznurem i innym termometrem (Kappellera jun.), dalej ponieważ 5 dni przedtem (20 sierpnia 1884) wykonał tem samem narzędziem zupełniejsze sondowanie Rybiego, więc będzie rzeczą właściwą porównać ze sobą wprost liczby tam i tu otrzymane bez wprowadzania korekcyj. Znaleziono

z'	Wielki Staw $\overline{\tau'}$	Rybie	W — R
0 m.	8·4°	12·2°	— 3·8°
10 m.	8·3	6·5	+ 1·8
20 m.	4·5	4·8	— 0·3,

gdzie głoska z' oznacza głębokość niepoprawioną z powodu kurczliwości sznura w wodzie, zaś τ' odczytaną temperaturę również niepoprawioną z powodu (możliwego) błędu zera podziałki termometru. Prócz jedynego szczegółu, który zostaje zresztą potwierdzony przez sondowania termometryczne r. 1892, że pionowa zmienność ciepłoty małych głębokości jest mniejszą w Wielkim Stawie aniżeli w Rybiem, nie umiem z tych liczb żadnego innego wniosku wyciągnąć.

Zupełniejsze i głębsze są termometryczne sondowania, jakie w r. 1892 wykonał p. Świerz [2]). Gdy daty ich 1892 r., 7 sierpnia, 13.

[1]) Pam. Tow. Tatrz., Tom X. Kraków 1885, str. 122.
[2]) Pam. Tow. Tatrz., Tom XIII. Kraków 1893, str. 3.

Digitized by Google

września, 21. września są bardzo zbliżone do dat podobnych pomiamiarów r. 1892. 8. sierpnia, 14. września, 15. września, wykonanych tym samym termometrem na Rybiem Jeziorze, będzie najbezpieczniej i tutaj porównać wprost liczby znalezione bezpośrednią obserwacyą. Do pierwszej wspólnej (prawie) daty odnoszą się dane:

z'	τ' Wielki Staw	Rybie	W — R
0 m.	9·0°	10·0°	— 1·0°
10 m.	9·0	8 2	+ 0·8
15 m.	7·25	5·7	+ 1·55
20 m.	5·0	4·6	+ 0·4
30 m.	4·5	4·0	+ 0·5
40 m.	4·4	3·9	+ 0·5
50 m.	4·2	4·0 (dno)	+ 0·2
60 m.	4·2	—	—

Różnica (W — R) na powierzchni odjemna, znika więc już w małej głębokości, a w jedenastu (±) metrach wynosi już jeden stopień C. na korzyść W. Stawu, wzrastając jeszcze dalej aż do głębokości kilkunastu metrów, ażeby odtąd się zmniejszać, — zrazu szybko, później łagodnie — pozostając aż do samego dna ciągle dodatną. Wniosek, jaki z tego zachowywania się różnicy (W — R) możnaby wysnuć, że największa część pionowego słupa wodnego w Stawie Wielkim bywa s t a t e c z n i e cieplejszą od takiego samego słupa w Rybiem Jeziorze, byłby jednak przedwczesnym. Wracam do tego szczegółu poniżej, więc ograniczę się tutaj na przypomnieniu, że pomimo równoczesności obu dat, a raczej właśnie z powodu tej równoczesności, stanu termiki obu jezior nie można uważać za równoczesny, skoro wiosenne rozmarzanie Stawu Wielkiego następuje blizko trzy tygodnie później od podobnego zjawiska na Rybiem (zobacz rozdział IV), skoro więc czas, jaki upłynął od równowagi obojętnej do uważanej daty, jest o tyleż krótszy w tem jeziorze.

Wzór interpolacyjny różnicy r z 3 danych (dla $z' = 10$, 15 i 30 m., przyczem za r przy tej ostatniej głębokości wzięto 0·47° t. j. średnią z trzech blizkich różnic 0·4°, 0·5°, 0·5° dla $z' = 20$, 30 i 40 m.) jest

$$r = 0{\cdot}8^0 + 0{\cdot}2055\ (z' - 10) - 0{\cdot}0111\ (z' - 10)^2,$$

skąd na maximum różnicy (W — R) znajduje się warunek

$$0{\cdot}2055 - 0{\cdot}0222\ (z' - 10) = 0$$

Digitized by Google

dający $z' = 19{\cdot}2$ m. z przynależną wartością $1{\cdot}75^0$ samej różnicy r. W głębokości blizkiej 5·5 m. rzeczona różnica byłaby zerem.

Dalej biorąc cztery ciepłoty Stawu Wielkiego dla $z' = 10$, 15, 20 i 30 m., otrzymujemy najpierw wzór

$$\tau' = 9{\cdot}0 - 0{\cdot}2083\,(z' - 10) - 0{\cdot}0375\,(z' - 10)^2 + 0{\cdot}00183\,(z' - 10)^3.$$

który na zmienną chyżość w kierunku pionowym daje

$$v' = -0{\cdot}2083 - 0{\cdot}0750\,(z' - 10) + 0{\cdot}0055\,(z' - 10)^2.$$

Pochodna tego wyrażenia przyrównana do zera daje na głębokość K' punktu przegięcia krzywej termicznej warunek

$$-0{\cdot}0750 + 0{\cdot}0110\,(K' - 10) = 0.$$

skąd $K' = 16{\cdot}8$ m., jakoteż przynależna największość pionowej zmiany chyżości $= -0{\cdot}46^0$ C. Przypominam, że wszystkie długości, o których tu mowa, wymagają małej poprawki (z powodu kontrakcyi sznura), wynoszącej około 6%.

Jeżeli zważymy na małość liczby $-0{\cdot}46^0$ w porównaniu z podobnemi Rybiego, (albo jednej jeszcze większej od nich Czarnego Stawu pod Rysami), jeżeli dalej zwrócimy uwagę na nierównie łagodniejszy pionowy spadek wszystkich wogóle temperatur Wielkiego Stawu aniżeli u Rybiego, a bardziej jeszcze u stawu pod Rysami, to nastręczają się nam uwagi następujące:

1) Pionowa zmienność temperatur Stawu Wielkiego jest latem znacznie mniejszą aniżeli równocześnie u Rybiego, co w znacznej części tłómaczy się większą blizkością uważanej daty do pory (z początkiem lata), w której obydwa jeziora aż do znacznej głębokości posiadają temperaturę prawie równą 4^0 C., a która to pora jest w Rybiem blizko 3 tygodnie wcześniejszą aniżeli w Stawie Wielkim.

2) Nie dająca się zaprzeczyć zwyżka temperatur (latem) w znacznych nawet jeszcze głębokościach Stawu Wielkiego, porównanych z takiemi samemi Rybiego, zdaje się pochodzić stąd, iż pierwsze jezioro, pobierające swoje dopływy aż z trzech innych jezior (Małego Stawu nie liczę) długiemi strugami (1 — 2 km.) o spadku nieporównanie łagodniejszym od takich dwóch wodospadów jak przy Rybiem, jest już „arcytypem“ jeziora typu IIgo. „Wygrzane“ na powierzchni trzech tamtych jezior wody, doprowadzone osobnemi, długiemi strugami do tego wspólnego ich zlewiska, zasilają je taką ich obfitością, iż drobne dopływy, pochodzące bezpośrednio ze śniegów na zboczach grzbietów „Miedziane“, są wobec nich znikome. Znaczna rozwartość doliny (zob. wyżej) w tej części. oraz znacznie niższa tutaj linia grzbie-

Digitized by Google

tów górskich, cofniętych zresztą od jeziora dalej niż całe otoczenie obu jezior w najwyższem piętrze Doliny Rybiego, składają się nadto na warunki insolacyjne, względnie pomyślne. Rzeczone trzy wielkie dopływy posiadają na swych powierzchniach ciepłoty wprawdzie niższe od ciepłoty na powierzchni tego zbiornika, ale różnice te są mało znaczące w porównaniu z różnicą termiczną jego powierzchni i skąpych dopływów bezpośrednich. (Staw Zadni, najwyższy, wykazuje największą różnicę, ale i tak nie przenoszącą 1¦ stopnia; zob. niżej). Wody ich po wlaniu się do Wielkiego nie mogą więc (latem) przekroczyć pewnej głębokości i tworzą coś jakby staw nad stawem w tem najgłębszem jeziorze tatrzańskiem. Zważmy bowiem razem wszystkie okoliczności, towarzyszące grze wielkich i małych dopływów tego jeziora. Śniegi dające początek tym ostatnim, rozsiadły się po jego stronie południowej (na zboczach grzbietu Miedziane) nierównie niżej i bliżej poziomu jeziora, aniżeli to równocześnie (latem) widzimy nad Rybiem, a krótkość strug wodnych sprawia (zobacz podobne uwagi w części pierwszej), że dopływy „małe“ są tutaj niezmiernie zimne [1]). Zniżka 2 i 3 stopni poniżej 4° C. odgrywa w takich razach rolę ważniejszą, niż zwyżka 3 i 4 stopni ponad tę graniczną temperaturę; woda o ciepłocie 2° C. (a jeszcze niższą ciepłotę „małego“ dopływu raz znalazłem) posiada tę samą gęstość co woda o ciepłocie $6{\cdot}1_0$, wody o ciepłotach 1° C. i 7·2° C. nie różnią się także swoją gęstością. Jasna więc, że tak zimne wody małych dopływów nie mogą latem spływać do większych głębokości albo wprost na dno; pamiętajmy, że przy ostatniem jeziorze najzimniejsze małe dopływy miewają (latem) ciepłotę tylko ułamkiem stopnia niższą od 4°, a samo jezioro jest blizko o połowę płytsze od Stawu Wielkiego (78 metrów). Gdyby letnie gorąca trwać mogły np. jeszcze w ciągu października, a zapasy zimowego śniegu po zboczach górskich dotrwały choć w części do tego to czasu, „wyczołgawszy się“ (zob. rozdział VIty części Iszej) jednak znacznie ku górze, to — wyobrażam sobie — objawy termiki Stawu Wielkiego nie mogłyby wykazać żadnej znaczniejszej różnicy od termiki jeziora Rybiego. Widocznie musiałaby wówczas istnieć pora, w której wody dopływów śnieżnych na dłuższej ich drodze od płatu śnieżnego (0° C.) aż do poziomu jeziora wygrzałyby się przynajmniej

[1]) Jak dotąd, co prawda, że mierzyłem ciepłotę tylko dwóch z pośród nich. Mały dopływ zaraz w tyle poza Małym Stawem miał + 2·2° w dniu 5. sierp. 1893; jeszcze mniej, bo tylko + 1·7° C. znalazłem dnia 8go sierpnia 1891 dla większego nieco śniegowego dopływu z pod „Spisglasowych Perci“, któremi w tym dniu przesadziłem (od Rybiego) grzbiet Miedziane z istotnem narażeniem życia po najdzikszych bezdrożach.

Digitized by Google

do + 3·5° lub 3·8° C. (ile przy Rybiem daje dla nich termometr), a dopiero wówczas, bardzo już blizkie maximum gęstości wody, mogłyby staczać się po dnie jeziora aż do największych jego głębokości. Tak oczywiście nie jest; małe i wielkie dopływy zniżają swe wody pod poziom jeziora tylko do miernych jego głębokości, tu wyrównywają swoje ciepłoty, tj. po prostu mieszają się ze sobą, w czem głębsze warstwice wodne nie mogą latem brać udziału. Mniemam, iż okoliczność ta usprawiedliwia porównanie, jakiego poprzednio użyłem, uważając ten najgłębszy w całych Tatrach zbiornik wód (podczas lata) za jezioro ponad jeziorem leżące.

Wczesna zapewne już jesień dokonywa tutaj zaburzenia takiej równowagi czasowej i to za sprawą wielkich dopływów od trzech wyższych jezior, a najwcześniej Zadniego (pod Kołem) jako najwyższego a zarazem najzimniejszego (zob. niżej). Te oziębiwszy się na powierzchni blizko do 4° C., (co następuje już pewnie w połowie października), wlewają się obfitą strugą już na dno Stawu Wielkiego, a wydźwigując całą masę wód jego do góry, „odnawiają“ dopiero wówczas jego dolne warstwy, które lato w stagnacyi przepędziły. Reszty przewrotu dokonywa oziębienie się samejże powierzchni Wielkiego Stawu do 4° C. i niżej. Z tego przedstawienia rzeczy wypływa, że w tem jeziorze „małe“ a bardzo zimne dopływy nie mogą wogóle nigdy na obniżenie ciepłoty dna jego znaczniejszego wpływu wywierać. Tyle co do przyczyn — ambarasującej zrazu — zwyżki ciepłoty na dnie Stawu Wielkiego, jakoteż łagodnego wygięcia się (latem) całej jego krzywej termicznej. Stanowczem sprawdzeniem powyższych wywodów byłoby głębokie sondowanie Stawu Wielkiego w późnej jesieni wykonane: powinnoby wykazać ono ciepłotę wielkiej jego głębi niższą od 4° C. i równą prawie ciepłocie tego właśnie z pośród jego dopływów, którego ciepłota byłaby podówczas najbliższą rzeczonej wartości. Zresztą już nawet dotychczasowy materyał obserwacyjny świadczy, że powyższe wyobrażenia nie są od prawdy zbyt odległe. W ciągu 45 dni (od 7. sierpnia do 21. września 1892). z których $\frac{2}{3}$ przypadało na okres niesłychanych upałów, ciepłota warstw wodnych tego stawu mało co głębszych od 25 m. nie uległa żadnym zmianom, jak świadczą iczby ze sondowań p. Świerza pochodzące:

z'	7/VIII	13. i 21/IX.	
10 m.	9·0° C.	10·7° C.	
15	7·25	7·4	blizko; temper. 7·1° mierzona tylko dla $z' = 17$ m.

Digitized by Google

z'	7/VIII	13. i 21/IX.	
20 m.	5·0° C.	5.4° C.	(blizko, z tego samego powodu).
25	4·8 (b. blizko)	4·9	
30	4·5	4·5	(interpol.)
40	4·4	4·4	„
50	4·2	4·2	
60	4·2	4·2	
77	—	4·2.	

Wśród tego samego (prawie) czasu, Rybie w głębokości kilkunastu metrów wykazywało gdzieniegdzie blizko trzy razy większą zmienność ciepłoty na tym samym poziomie.

Jesienne prawie równoczesne sondowania Wielkiego Stawu i Rybiego dają zestawienie (pomijając ciepłotę dla $z' = 0$. nadto zmienną z porą dnia tu i tam)

z'	W. Staw	Rybie	W — R.
10 m.	10·7° C.	11·4° C.	— 0·7° C.
17	7·1	5·6	+ 0·5
23	5·3	4·35	+ 0·95
25	4·9	4·3	+ 0·6
45	4·3	4·0	+ 0·3
48	4·3	—	—
65	4·2	—	—
77	4·2	—	—
78	4·24	—	—

skąd widać, jak poprzednio, że różnica $(W - R) = r$ staje się największością gdy z' jest blizkie dwudziestu metrom. Trzy dane (dla $z' = 17$, 23 i 25 m.) dostarczają empirycznego związku

$$r = 0{\cdot}5 + 0{\cdot}2625\,(z' - 17) - 0{\cdot}03125\,(z' - 17)^2,$$

który pozwala znaleźć samo maximum tej różnicy = + 1·05° C. w głębokości (niepoprawionej) $z' = 21{\cdot}2$ m. Te same ilości z letnich sondowań (zob. wyżej) mają wartości + 1·75° wzgl. 19·2 m.; nie ulega więc żadnej wątpliwości, że w pobliżu 20 m. głębokości zachodzi latem na Stawie Wielkim maximum zwyżki termometrycznej (około $1^1/_2$ stopnia) w porównaniu z ciepłotą Rybiego w takiej samej głębokości. Różnica ciepłot obu jezior znikała podtenczas w głębokości $z' = 14$ m. więc znacznie głębiej aniżeli poprzednio (blizko $5^1/_2$ m.); cała letnia „kanikuła" podniosła ciepłotę Rybiego w 10-ciu metrowej głębokości

Digitized by Google

o 3·2°, gdy w Stawie Wielkim tylko o 1·7°; zato jednak nawet jeszcze w 25-cio metrowej głębokości daje się dostrzedz w ostatniem jeziorze drobny przyrost ciepłoty (+ 0·15°), kiedy Rybie już żadnej wyraźniejszej zmiany nie wykazuje. Łącznie z poprzedniem zniewala mię to tem silniej do przekonania, że kilkunastumetrowa górna warstwica wody Stawu Wielkiego bywa latem widownią energicznego wyrównywania się ciepłot za pośrednictwem mieszania się wód. który to proces — o tej porze — w górnych warstwach Rybiego jedynie na skalę znacznie mniejszą może się odbywać. Głębokość K' punktu przegięcia krzywej termicznej nie daje się tutaj znaleźć z dostateczną dokładnością (z powodu, że pomiędzy $z' = 0$ a $z' = 10$ m., jakoteż pomiędzy $z' = 10$ i $z' = 17$ m. nie wykonano żadnego sondowania) chyba że wprowadzilibyśmy do rachunku także jednę z trzech temperatur (11·4°, 11 3°, 10·8°) odczytanych przy $z' = 0$, czego zawsze unikać należy, aby nie wikłać rzeczy dziennemi zmianami na powierzchni; którąkolwiek zresztą z tych liczb obralibyśmy za czwartą potrzebną daną do znanego rachunku, doszlibyśmy zawsze do wyniku, że K' nie przenosiło wówczas 12-tu metrów. To porównane z poprzednio (7-my sierpnia 1892. r.) znalezioną wartością tej ilości, blizką 17-tu metrom, wystarcza już do stwierdzenia, że w dniach 21. i 22. września t. r. jesienne wynurzanie się punktu P' było już w pełnym toku na tem jeziorze.

2. Staw Przedni (i Staw Mały).

Położone o kilkanaście metrów wyżej od Stawu Wielkiego w najbliższem jego sąsiedztwie, podlega to jezioro takim samym jak on czynnikom meteorologicznym. Pod względem hydrotermicznym zachodzi między niemi ta jednak różnica, iż pobierając swój zapas wody wyłącznie ze śniegów zalegajacych żleby i rozpadliny na północnych stokach grzbietu Miedziane (i Świstówki), należy ono już do jezior typu pierwszego. Jeżeli pomimo tego staw ten na powierzchni bywa latem o ułamek stopnia cieplejszy od Stawu Wielkiego — jak to zaraz zobaczymy — to przyczyną tego jest bezwątpienia okoliczność już poprzednio wspomniana, że na zapas wód ostatniego jeziora składają się dopływy trzech jezior (Staw Przedni, Czarny pod Gładkiem i Zadni pod Świnnicą) posiadających nieco odmienne stosunki ciepłoty. (Staw Mały będący tylko odnogą Stawu Przedniego możemy tutaj zupełnie pominąć). Wszystkie trzy wymienione jeziora należą wprawdzie do typu I-go, ale leżąc na poziomach, których różnica dochodzi do 2 hm., muszą wykazywać pokaźne różnice we fazach swych ciepłot (na powierzchni), chociażby amplitudy roczne były prawie jednakie. Naj-

Digitized by Google

zimniejsza część wielkich dopływów Stawu Wielkiego pochodzi, jak już wspomniałem, wprost ze Stawu Zadniego; wody tej dostarcza strumień, który na przestrzeni blizko 2 km. — prawie pozbawiony bezpośredniej insolacyi — płynie ukrycie popod złomami granitu na znacznej części całej tej długości. Widzieliśmy poprzednio, że drobniejsze dopływy bezpośrednie Stawu Wielkiego, pochodzące latem z topniejących śniegów na zboczach Miedzianych, oziębiają raczej górne jego warstwy aniżeli dolne. Temu obniżeniu przeciwstawioną może być jedynie drobna zwyżka ciepłoty wód dostarczanych z powierzchni Stawu Przedniego, gdzie mniej jeszcze aniżeli w Rybiem może występować latem mieszanie się wód w górnych jego warstwach. Dopływ od Stawu Czarnego (pod Gładkiem) należącego również do typu I-go, nie wykazuje w porównaniu ze Stawem Wielkim żadnej wyraźniejszej (na powierzchni) różnicy termicznej, jak to pod l. 3. zobaczymy. Najwłaściwiej będzie więc pozostałe jeziora tej grupy porównywać wprost ze Stawem Wielkim. Zestawienie dat hydrotermicznych, które następuje, zawiera prócz równoczesnych temperatur powietrza *t* wszystkie znane mi pomiary na Stawie Przednim wykonane: dołączam do nich także liczby znalezione na Stawie Małym, który może uchodzić za bezpośrednie przedłużenie Przedniego.

Rok	Data	Godzina	*t*	*z*	Obserwator
1887	26 lipca	9¾ a.	13·0	11·1	Świerz (M)
„	8 sierp.	6 a.	8·0	9·1	„
„	8 „	6¼ a.	8·0	8·9	„ (M)
1880	15 lipca	11 a.	13·2	13·6	„ (M)
„	15 „	11½ a.	12·7	13·4	„
„	16 „	10¼ a.	13·2	13·2	„
„	31 „	?	?	11 2	Dziew.
1890	5 sierp.	1 p.	19·3	14·7	B.
„	5 „	2 p.	18·2	14·7	„
1892	22 lipca	8½ a.	9·2	9·8	„
„	22 „	9 a.	9·8	10·1	„ (M)
„	22 „	9½ a.	12·0	10·5	„
„	22 „	10¼ a.	12·5	10·8	„
„	19 sierp.	9¼ a.	16·0	13·4	Świerz
„	23 wrześ.	12¼ p.	14·0	10·5	„
1893	4 sierp.	4½ p.	11·6	10·9	B.

(Głoska *M* oznacza pomiar wody Małego Stawu). Podaję *in extenso* oryginalne liczby obserwatorów, aby mieć przed oczami skromną całość

Digitized by Google

dotychczasowych pomiarów ciepłoty na powierzchni tego jeziora, a w razie przybycia świeżych obserwacyi, przyszłemu pracownikowi oszczędzić trudu zbierania i zestawiania Prócz różnicy termicznej tego jeziora i Stawu Wielkiego, idącej, jak wspomniałem, wyłącznie na karb samej topografii lokalnej, nie zaś różnicy czynników meteorologicznych, która jest tutaj znikomą, nie daje się z powyższych liczb żaden inny wniosek wydobyć. Rzeczona różnica znajduje się dogodnie dzięki okoliczności, że turysta-obserwator wykonywając pomiar ciepłoty jednego jeziora, najczęściej nie pominął i sąsiedniego. Dziewięć pomiarów o datach jednakich (zob. zestawienie liczb pod l. 1) nadaje się najbardziej do tego celu; drobną niejednostajność pochodzącą z nieco znaczniejszej nierównoczesności pory dnia (w czterech parach pomiarów) uchylimy z dostateczną dokładnością, dołączając do liczb ostatnich $\frac{1}{2}$ część różnicy obserwowanych temperatur powietrza. W ten sposób znajduję średnio w letnich miesiącach

$$\text{Przedni Staw} - \text{Wielki Staw} = + 0{\cdot}6^0\ \text{C.},$$

przypuszczam jednak, że dla wczesnego lata i późniejszej jesieni różnica ta będzie jeszcze mniejszą albo i wprost zerem. Przy 18-to metrowej zaledwo różnicy poziomów obu jezior i bezpośredniem ich sąsiedztwie nie można oczekiwać żadnej wyraźniejszej różnicy faz w rocznym pochodzie ich ciepłoty, a półstopniową zwyżkę Przedniego ponad Wielkim w porze letniej, tłómaczę sobie znacznie mniejszą głębokością pierwszego (około 28 m.), jakoteż położeniem w miejscu bardziej zacisznem.

Do tej pory istnieją dwa sondowania termometryczne tego jeziora: pierwsze wykonane przeze mnie (przyrządem Fugger'a) w dniu 22. lipca 1892 i drugie szczegółowsze od mego, wykonane przez p. Świerza d. 23. września tego samego roku. Podaję oryginalne liczby:

22/VII. z	τ	23/IX. z'	τ'
0 m.	10·2°	0 m.	10·5°
5·4	9·45	8	10·3°
8·9	8·9	9	8·4
10·4	7·7	10	6·7
20·4	4·6	11	5·7
		12	5·4
		15	4·6
		20	4·4
		25	4·3
		28	4·42 (w mule),

Digitized by Google

z których m. i. już wprost widać, że dnia 23. września czynność pionowych prądów usiłujących letnie uwarstwienie termiczne doprowadzić do przejściowego ustroju (zob. część I-szą), aby go następnie zamienić na zimowe uwarstwienie, już się na dobre rozpoczęła. Wskazuje na to także zmiana głębokości punktu przegięcia *P*, która dla pierwszej daty wynosi blizko 12 m., dla drugiej już tylko około 8½ m., co zarazem pozwala domyślać się. iż maximum pogłębienia się tego punktu, przypadające niezawodnie wkrótce po okresie upalnym drugiej połowy sierpnia, przenosiło 12 metrów. Znaczna szybkość pionowego ubywania temperatury (dla pierwszej daty maximum, nie dość bezpieczna, wynosi 1·0° na 1 m., dla drugiej aż 1·9° C), którą widzieliśmy już przy Czarnym Stawie pod Rysami, jest właśnie jedną z najbardziej charakterystycznych cech wyróżniających jeziora typu I-go od jezior należących do II-go typu. Co do głębokości, w której tutaj znikają roczne zmiany ciepłoty, to zważając na średnią tylko głębokość jeziora (niedochodzącą do 30 m.) i niezawodnie większe tutaj niż nad Rybiem ostateczne różnice rocznej ciepłoty powietrza, możemy śmiało twierdzić, że zmiany te w Stawie Przednim sięgają aż do dna jego. Zbytecznem będzie dodawać, iż amplituda zmian rzeczonych będzie ze wzrostem głębokości szybko malała i że na samym dnie będzie mogła wynosić już tylko drobny ułamek jednego stopnia. To samo stosuje się zresztą także i do następującego jeziora blizko ½ hm. wyżej położonego, a które tylko kilku metrami jest głębszem od Stawu Przedniego.

3. Staw Czarny (pod Gładkiem).

Położony na tarasie, blizko 60 m. wyższym od Stawu Wielkiego, wykazuje on pomimo tego stosunki termiczne bardzo zbliżone do podobnych stosunków ostatniego jeziora. Jeszcze uboższy materyał obserwacyjny niż Stawu Przedniego pozwala stwierdzić tylko tyle, że pomimo różnicy średnich temperatur lata, wynoszącej 0·3 do 0·4° C. na korzyść niższego jeziora, hydrotermiczna ich różnica może latem wynosić z pewnością nie więcej jak czwartą część tej wartości (porównaj związek między zmianami ciepłoty powietrza i wody, wyprowadzony w części pierwszej). Większe różnice mogłyby się objawić dopiero wczesnem latem (t. j. wiosną w górach) lub późniejszą jesienią, a to choćby dla tego samego, iż pora zrzucenia lodów na tem jeziorze (i piątem tej grupy: Stawie Zadnim), bywa o cały tydzień i więcej późniejsza, niż na Stawie Wielkim [1]). Taka kilkudniowa różnica fazy w rocznym po-

[1]) Według zapewnień pasterzy (z Białki), którzy spędzają tu lato przy jedynym w tej dolinie szałasie.

Digitized by Google

chodzie ciepłoty tu i tam, traci wprawdzie na znaczeniu w pobliżu przy maximum rocznego, przy wiosennej jednak żwawej zmienności temperatur może ona wywrzeć wpływ znaczniejszy. Czysto mechaniczny proces wyważania skorupy lodowej jeziora ciśnieniem (z dołu do góry) nadmiaru wody powstałej z nagłych roztopów wiosennych, musi wiosną wystąpić wcześniej i energiczniej w niższych partyach jednej i tej samej doliny, nawet przy niewielkich różnicach wzniesień. Znane są każdemu turyście tatrzańskiemu rozmiary wezbrania strumieni górskich w średnim i niższym ich biegu, nawet po krótkotrwałym deszczu, gdy równocześnie wyższe partye strug wody i wyższe jej zbiorniki zaledwo skromny przyrost okazują [1]).

Jak dotąd, to posiadamy wszystkiego sześć pomiarów ciepłoty na powierzchni tego jeziora wogóle mało zwiedzanego, z powodu, że leży ono opodal zwykłego szlaku, prowadzącego ze Zawratu przez Świstówkę do Rybiego. Liczby te są następujące:

Rok	Data	Godzina	t	τ	Obserwator
1877	8 sierp.	$9\frac{1}{4}$ a.	12·0°	10·6	Świerz
1880	31 lipca	p. m.	?	11·0	Dziewulski
1881	22 „	1. p.	19·6	9·0	J. Karliński
1892	20 sierp.	$10\frac{1}{4}$ a.	17·0	13·5	Świerz
„	23 wrześ.	4 p.	12·2	11·2	„
„	24 „	9 a.	10·8	10·8	„

Porównane z liczbami (prawie równoczesnemi) odnoszącemi się do Stawu Wielkiego i opatrzone znaną poprawką z powodu niezupełnej równoczesności godzin (tego samego dnia), w których tu i tam termometr odczytano, prowadzą one do różnicy termicznej równej prawie zeru. Nie należy jednak zapominać, że większość tych pomiarów przypadała na sierpień lub wrzesień w latach wyjątkowo gorących; dwa lipcowe pomiary wskazują raczej na drobną zniżkę kilku dziesiętnych stopnia

[1]) Na tę okoliczność zwrócił był uwagę już Jerzy Wahlenberg, który, będąc naocznym świadkiem groźnego widowiska: wylewu wód górskich, wywołanego „oberwaniem się chmury“ dnia 24 sierpnia 1813. roku, w Tatrach spiskich, wyruszył w najbliższym po katastrofie dniu pogodnym na górne tarasy górskie po to tylko, aby niezobaczyć spodziewanego tam spustoszenia. Czytaj zajmujące szczegóły w jego Flora Carpatorum principalium i t. d. Göttingae 1814, pag. IX i CXIII, gdzie m. i. powiada „...sed haec exspectatio (t. j. znalezienia większego spustoszenia bliżej głównego łańcucha tatrz.) me omnino fefellit. Quanto profundius in montes perveni, eo magis imminuebantur reliquiae inundationis adeo, ut antequam terminum Abietis attegerim, ne vestigium quoddam ulterius detegendum esset. Iam dudum in Rothe-Lehm et Drechselhäuschen (= Tokarnia) nulla mutatio observabatur...“ i t. d.

Digitized by Google

na niekorzyść Stawu Czarnego, co powinnoby wyraźniej wystąpić z końcem czerwca, albo na samym początku lipca. Pośrednio przemawiają ze tem liczby dla ostatniego a najwyższego tej grupy jeziora (Staw Zadni) znalezione (zob. niżej). gdzie wspominana często różnica fazy w rocznym przebiegu ciepłoty już bardzo wyraźnie występuje.

Jedyne dotąd sondowanie termometryczne (p. Świerza) w dniu 24. września 1892 dało wyniki dość nieprzewidziane, a mianowicie okazało, że staw ten we wszystkich sondowanych warstwach był podówczas cieplejszym, aniżeli w równych głębokościach Staw Przedni, dzień przedtem badany (23. września), pomimo, że ostatni leży blizko ½ hm. niżej od Czarnego. Dla lepszego porównania zestawiam obok siebie liczby do obydwóch jezior należące.

z	Czarny (24. wrześ. 1892)	Przedni (23. wrześ. 1892)
0 m.	10·8° C.	10·5° C.
10 „	10·8	6·7
15 „	7·0	4·6
20 „	5·3	4·4
25 „	4·5	4·3

Różnic temperatur na tych samych poziomach, dosięgających wartości 4·1°, nie umiem sobie wytłómaczyć. Obydwa jeziora należą ściśle do typu I-go, t. j. pobierają wodę już tylko wprost z topniejących śniegów, których co prawda z końcem września 1892 na okolicznych zboczach górskich już prawie całkiem nie było. Szkoda, że pod względem ówczesnej topografii szczątków pól śnieżnych (z ubiegłej zimy, bo nowe śniegi spadły w górach dopiero w październiku) nie podaje prof. Świerz żadnego szczegółu. W dniu 22-gim lipca t. r. zwiedzałem Dolinę Pięciu Stawów Polskich zajęty termometrycznem sondowaniem Stawu Przedniego i Zadniego (ob. niżej); dzień przedtem był tam mój pomocnik, którego tam poprzód wysłałem (od Rybiego) ze sznurami i tratwą przyrządu Fugger'a, oraz z jednym termometrem. Prócz odczytania ciepłot wody w Stawie Przednim, Wielkim, ewent. ich dopływów, miał on także polecenie rozpatrzenia otoczenia śniegowego tych jezior, podania wielkości, położenia płatów śnieżnych, o ile do nich dojść zdoła. Nazajutrz oznaczyłem sam hypsometrycznie wysokość kilku takich płatów, z których najniższy był uczepiony blizko 50 m. nad poziomem Przedniego Stawu; inny blizko 80 m. nad tym samym poziomem a mający około 60 m². powierzchni (niewiadomej zresztą grubości) zalegał lejowatą, zewsząd zasłoniętą kotlinkę pod Świstówką w miejscu

Digitized by Google

dobrze znanem wszystkim turystom [1]). Prócz tego naliczyłem w pobliżu pięć innych większych takich płatów śnieżnych, ukrytych w licznych zaułkach Świstówki. Równoczesne otoczenie Stawu Czarnego było wówczas w śniegi znacznie uboższe; na zboczach Gładkiego zwanych „Ławkami" wcale ich nawet nie było. Czy, (w przypuszczeniu że to zubożenie śniegowe okolic Czarnego Stawu już w lipcu 1892. r., a tembardziej we wrześniu tego roku było zupełniejszem niż w otoczeniu Stawu Przedniego), można tę okoliczność uważać za *causa sufficiens* objawu, o którym mowa była powyżej, nie śmiem utrzymywać. Wysokość, na której znajdują się latem śniegi, dostarczające bezpośrednich dopływów jeziorom, odgrywa w ich termice rolę ważniejszą, aniżeliby się to zdawało, większą, aniżeli to sam zrazu przypuszczałem (zob. szczegóły tyczące się Rybiego w części pierwszej). Wszelkie jednak rozprawiania na ten temat nie zdołają doprowadzić do ilościowego poznania związku między jednymi a drugimi objawami, dopóki nie zostanie nagromadzonym materyał hypsometryi pól śnieżnych w Tatrach, sam dla siebie zresztą już bardzo pożądany. Ale taka praca, chociażby nie barometrem, lecz trygonometrycznie „z dalsza" miała być wykonaną, przekracza możność jednego człowieka.

Samo położenie Stawu Czarnego wyklucza, zdaniem mojem domysł, jakoby przyczyną zwyżki jego ciepłoty na całym pionie (w porównaniu ze Stawem Przednim) miałaby być n. p. lepsza jego insolacya. W tej mierze wystarczy mi powołać się na dobry opis topografii obydwóch jezior, jakiego dostarczył Dziewulski [2]). Z niego wynika, iż Staw Czarny raczej pośledniejsze od Przedniego ma warunki insolacyjne, jako wciśnięty w kąt pomiędzy dwoma niemal prostopadłymi do siebie łańcuchami górskimi (Gładkie, a wogóle część głównego łańcucha tatrzańskiego od zachodu, Miedziane od południa). Zresztą w razie lepszej insolacyi musiałaby rzeczona zwyżka wystąpić przedewszystkiem na jego powierzchni i tuż zaraz pod powierzchnią, nie zaś dopiero w głębokości 10-ciu do 15-tu metrów. Pomiar ciepłoty dwóch, trzech jego

[1]) Idąc z Opalonego a minąwszy już trawiastą ścieżkę pnącą się w zakosy aż do znanego urwiska Świstówki (prostopadła ściana wprost na dolny taras Siklawy) jednak przed wejściem na „perć" ciągnącą się po samych złomiskach granitowych. Wspomniany wielki lej utworzony z mnóstwa kamieni pochyło na sobie wspartych miałem sposobność obserwować w różnych latach i miesiącach począwszy od r. 1886. Zawsze znajdowałem w nim znaczną obfitość śniegu stwardniałego (tak jeszcze w połowie sierpnia 1889. r.) zakonserwowanego, jakby w lodowni; ściek wody wytapianej z tej wielkiej bryły nie jest widocznym i zapewne odbywa się spodem, dziurami pośród gruzów tego stożkowatego usypiska.

[2]) Pamięt. Tow. Tatrz. Tom VI, Kraków 1881, str. 92—93.

Digitized by Google

dopływów mógłby był rzecz znacznie rozświecić i szkoda, że tego nie uczyniono. Podobne objawy u kilku jezior alpejskich i jurajskich znalazł także p. Delebeque, ale tłómaczenia, jakie podaje [1]), (wiatry działać mają rzekomo odmiennie na mieszanie się wód w jeziorach kolistych, odmiennie w wydłużonych) wydają mi się naciągane. Toż samo drobnych różnic w podłożu jeziora (kamień, muł) nie uważam wraz z prof. Simony'm za dostateczną przyczynę mogącą wywołać tak znaczną różnicę w postaci krzywej hydrotermicznej. O wiele już naturalniejszą wydaje mi się domyślna przyczyna, którą poprzednio przytoczyłem Sądzę, iż zaniknięcie a przynajmniej wysokie „wyczołganie się" poników śnieżnych z końcem nadmiernie gorących sierpnia i września 1892, przyczem skąpe już wody dopływów musiały się na domiar rozlewać po jeziorze mającem powierzchnię przeszło $1\frac{1}{2}$ razy większą od powierzchni Stawu Przedniego [2]), mogło we wodach Stawu Czarnego wywołać prawie stagnacyę, której następstwem było ocieplenie się ich aż do znaczniejszej głębokości.

4. Staw Zadni („pod Kołem").

Powierzchnia 5·6 ha., największa głębokość $z = 29$ m. (Dziew.), wyniesienie nad poziom morza 1889 m. (sztab general.).

Znaczne wyniesienie tego najwyższego z Pięciu Stawów Polskich a zarazem najwyższego ze wszystkich jezior tatrzańskich po stronie polskiej [3]), pozwala oczekiwać znaczniejszych różnic termicznych od pozostałych jezior całej tej grupy, chociaż, jak wiemy, nie samo tylko wzniesienie decyduje w tej mierze. Okoliczność, że staw ten nie leży już na właściwym szlaku turystycznym, który dla podążających przez Zawrat do Rybiego prowadzi dość wysoko ponad północno-wschodnimi jego brzegami, dalej wielka niegościnność tej części doliny sprawiają, że dzikie to pustkowie bywa tylko nader rzadko zwiedzane. Prócz p. Świerza w r. 1877., Dziewulskiego w r. 1880. (zajętego tutaj wówczas zdejmowaniem planu jeziora) i mnie w r. 1892. nie wiem, czy kto inny zapuszczał się kiedy do samego jeziora, czy to z termometrem, czy też wogóle ze zamiarem zbierania jakichkolwiek spostrzeżeń naukowych. Prawda, że drobna usługa, jaką zdoła wyświadczyć przy-

---

[1]) W pracy już raz przywiedzionej.

[2]) Powierzchnia Stawu Czarnego pod Gładkiem 10·77 ha., Przedniego tylko 7 ha. (Dziewulski).

[3]) Jedynie wyższym jest maleńki stawek (Zmarzły) pod Świnnicą w Dolinie Suchej Wody, a należący do zanikającej już grupy Stawków Gąsienicowych.

Digitized by Google

rodnik meteorologii, albo hydrotermice w krótkim czasie swego tutaj pobytu. nie stoi w żadnym stosunku z mozołem na to wyłożonym.

Trzy oznaczenia:

Rok	Data	Godzina	t	τ	Obserwator
1877	8/VIII	$11\frac{1}{4}$ a. m.	12·5°	8·8°	Świerz
1880	31/VII	?	?	9·0	Dziewulski
1892	22/VII	$2\frac{1}{4}$ p. m.	7·7	7·5	B. (śred. z 3 odczytań mało co różnych)

wyczerpują wszystko, co o stosunkach temperatury na powierzchni tego jeziora dotąd wiemy. Uwzględniając znane z poprzedniego poprawki, wywołane niezupełną równoczesnością pomiaru tu i przy Stawie Wielkim, otrzymuję stąd różnicę termiczną powierzchni obu jezior blizko 1·5° C. wynoszącą na niekorzyść Stawu Zadniego. Tę wartość należy zresztą uważać za minimum rzeczonej (a oczywiście zmiennej nieco w ciągu roku) różnicy, która z powodu niejednoczesności faz w letniem ogrzewaniu się obu zbiorników wody (Staw Zadni odmarza blizko 2 tygodnie później od Stawu Wielkiego, a jeszcze więcej czasu upływa między zupełnem pozbyciem się lodów tu i tam), wczesnem latem musi dochodzić do znaczniejszych rozmiarów. Na letnią wartość depresyi składają się też prócz samej różnicy wzniesienia (2·13 hm. nad Stawem Wielkim) wybitna przynależność jego do typu I-go (wyłącznie dopływy ze śniegów), jakoteż niekorzystniejsze warunki insolacyjne; na długim dniu letnim jezioro zapada w cień od Zaworów już około 4-tej popoł., kiedy Staw Wielki, oddalony o jakie 2 km. bardziej od głównego trzonu górskiego, najmniej dwie godziny dłużej jest oświetlany. Jaki w tem udział przynależy każdemu z tych trzech czynników z osobna, trudno powiedzieć; pierwsze dwa z nich dawałyby [1]) różnicę średnich ciepłot powietrza 2·13 . 0·6 = 1·3°C., co jeszcze nie dosięga wartości 1·5°, jaka wypadła z porównania ciepłoty obu jezior.

Że zaś ostatnia wartość różnicy hydrotermicznej nie jest jej największością, świadczą niektóre ze szczegółów, jakie o tem jeziorze podałem w rozdziale o zamarzaniu i odmarzaniu jezior tatrzańskich, do czego dodam jeszcze następujący. Dnia 22. lipca 1892 Staw był zupełnie rozmarznięty; jedynie po brzegach zalegały znaczniejsze ławice śniegu spodem zlodowaciałego, najobficiej pod Świnnicą i w zaklęśnięciu pod Zawratem (na karcie Dziewulskiego II, 1), gdzie wypadło nam

[1]) Biorąc ubytek ciepłoty 0·6° C. na 1 hm. wzniesienia, co w Tatrach jest raczej wygórowanem niż za nizkiem.

Digitized by Google

je przekroczyć. Natomiast w dniu 5. sierpnia 1893 na Stawie, lubo rozmarzniętym, pływało kilka niedotopionych kier lodowych, pomimo że otoczenie jego było uboższe w śniegi aniżeli 22. lipca roku poprzedniego. Sama obecność resztek kry na powierzchni Stawu świadczyła, że ciepłota nie była chyba wyższą jak w roku 1892.. t. j. nie wyższą od $7\frac{1}{4}$ stopni. Gdy zaś tego samego dnia o 10 h. a. ciepłota Wielkiego Stawu wynosiła 10·3°, średnia dzienna około $\frac{1}{2}$° mniej, wnoszę, że różnica termiczna obu jezior w tym dniu była blizką wartości 2·3°, a w każdym razie większą od 1·5°. Powodem tego mogło być ogólne opóźnienie się wiosny roku 1893.

Wykonane w dniu 22. lipca 1892 przyrządem Fugger'a sondowanie termometryczne, jedyne jakie dotąd istnieje, dało mi następujące liczby:

z	τ
0·0 m.	7·4° C.
2·4	6·7
5·4	5·6
10·4	5·4
15·4	4·3.

Już więc w głębokości 15 m. temperatura wynosiła (z końcem lipca) bardzo blizko 4·4° C., gdy na tym samym poziomie Staw Przedni miał blizko 5·2° C.. Czarny Staw pod Rysami, t. j. właściwe Morskie Oko 5·5°, Rybie 5·7°, Staw Czarny pod Gładkiem 6·9° (kor. termometru i sznura uwzględniwszy; taksamo i w następnym) Staw Wielki aż 7·1° C. (Ostatnie dwie liczby należy pomniejszyć o kilka dziesiętnych stopnia z powodu, że pochodziły z pomiarów wrześniowych, względnie sierpniowych p. Świerza). Widać stąd ponownie, że samo wzniesienie jezior nad p. m. nie może objaśniać ich różnic termicznych, w głębi jezior mniej jeszcze aniżeli na ich powierzchni.

Z czterech pierwszych dat daje się obliczyć wzór empiryczny

$$\tau = 7{\cdot}4 - 0{\cdot}1903\, z - 0{\cdot}0549\, z^2 + 0{\cdot}00526\, z^3,$$

który daje maximum (odjemnej) chyżości $\frac{d\tau}{dz} = 0{\cdot}38°$, oraz głębokość K wiadomego punktu przegięcia = 3·5 m. Tak płytko więc zdołał się pogłębić punkt P od czasu zupełnego rozmarznięcia jeziora (w końcu czerwca), aż po dzień 22. lipca. W ciągu sierpnia, a może jeszcze w początkach września pogłębił on się z pewnością nieco więcej; na wszelki jednak sposób wydaje mi się nieprawdopodobne, aby najwię-

Digitized by Google

ksza wartość głębokości K mogła była w tym roku przenosić jakie 6 lub 7 metrów. Zważmy, że jak zmienność wszelkiej funkcyi w pobliżu jej maximum tak też i rocznego biegu temperatury powietrza, wody w jeziorach, a wreszcie zawisłej od nich liczby K, może być już tylko małą w ciągu sierpnia (normalnego), którego średnia ciepłota, zawsze normalnie biorąc, jest już nieco niższą od lipcowej. Porównajmy tę tak małą wartość głębokości K z wartościami 16-tu i więcej metrów (zob. przywiedzione w części I dla przykładu jezioro sabaudzkie Lac d'Annecy; Lac de Bourget, oraz jeziora szwajcarskie Léman, Quatre Cantons i t. d. dają jeszcze więcej) w jeziorach sabaudzkich, jurajskich i niżej leżących jeziorach szwajcarskich, porównajmy ją zresztą już chociażby z wartościami 9-ciu, 12-tu i 15-tu metrów, jakie w różnych czasach dla Rybiego, a nawet Wielkiego Stawu znaleźliśmy, a dojdziemy do wniosku prawie oczywistego, że letni rozkład temperatur w jeziorach wysoko położonych jest bardzo zbliżonym do wiosennego ich rozkładu czy to niższych jezior tatrzańskich, czy nawet nizinnych. Nie oddalimy się zatem zbytnio od prawdy twierdząc, iż badając termometrem równocześnie dwa jeziora górskie położone na znacznie różnych poziomach, spełniamy prawie tę samą czynność, jak gdybyśmy jedno i to samo jezioro tak samo badali w dwóch porach roku, znacznie od siebie oddalonych.

Wywody, jakie tu i na innych miejscach pracy niniejszej złożyłem, wskazują, mojem zdaniem, wyraźnie, że w ilości K pozyskaliśmy jedną z pożytecznych cech rozpoznawczych na różnice termiczne:

a) jednego i tego samego jeziora w różnych porach roku,

b) równoczesnego stanu rozmaitych jezior,

że więc badanie skierowane do lepszego niż dotąd poznania zmienności tej właśnie ilości, będzie mogło, prędzej niż na innej drodze, rozświecić dokładniej stosunki ciepłoty jezior tatrzańskich. Mniemam także, iż gdyby moja propozycya wprowadzenia ilości K, jako charakterystyki termicznej pewnego jeziora, przyjęła się w nauce, to bardzo chwiejny dotąd podział jezior, rozmaity u rozmaitych badaczów [1]), mógłby się kiedyś oprzeć na podstawach ilościowych.

---

[1]) Tak n. p. starszy podział Saussure'a (jeziora ze zmiennością ciepłoty aż do dna i tylko do pewnej głębokości), Buchanan'a (na podstawie pomiarów jezior szkockich, Nature t. XIX p. 421), nawet i Forel'a (o czem wyżej w części I) nie usuwający dla poszczególnych jezior wątpliwości, do którego typu i klasy jedno lub drugie zaliczyć, najmniej zaś całkiem nietrafnypodział Geistbeck'a (jeziora ciepłe, umiarkowane i zimne.)

Digitized by Google

C. Grupa jezior w Dolinie Suchej Wody.

Grupa ta tworzy całość jedynie pod względem topograficznym i hydrograficznym; jednocząc tutaj pod wspólnym nagłówkiem jeziora tej Doliny, nie mamy więc wcale na myśli jakiejś wspólności ich pod względem termicznym. W sam opis doliny nie widzę potrzeby się wdawać po tem, co inni o niej pisali; wystarczy przypomnieć, że kierunek jej jest wogóle równoległym do kierunku obu poprzednich dolin (Rybiego i Pięciu Stawów Polskich), że tylna jej ściana należy już w znacznej części do głównego łańcucha tatrzańskiego, w części zaś przypiera (od wschodu) do drugorzędnych gałęzi górskich: Kozi Wirch, Granaty, Wołoszyn (zob. szczegóły poprzedzającego rozdziału), które wraz z trzeciorzędnemi gałęziami Kościelca Wielkiego i Małego, Żółtej Turni i Koszystej rozdzielają główną dolinę po stronie wschodniej na kilka pobocznych. Każda z tych dolin pobocznych była niegdyś siedzibą licznych jezior. a i dotąd dochowały się one tutaj w dość pokaźnej mnogości, lubo już tylko jedno z nich (Staw Czarny pod Kościelcem) swą powierzchnią przekracza średnie rozmiary.

Sześć drobnych i płytkich stawków pomiędzy Świnnicą a Kościelcem (Stawy Gąsienicowe) znajdują się obecnie w stadyum widocznego zanikania; to samo stosuje się do Stawku Czerwonego w (bocznej) dolinie Pańszczycy pomiędzy Żółtą Turnią a Koszystą. Żyjąca dotąd starsza generacya przewodników Tatrzańskich umie jeszcze to i owo powiedzieć o d w ó c h stawkach w tej dolinie (zwykły szlak na słynną przełęcz „Krzyżne"); drugiego szukałbyś tam dzisiaj napróżno lubo ślad jego dotąd jest wyraźny. Zmiana wyglądu stawku Zmarzłego pod Zawratem i Granatami daje się wykazać już od czasu wycieczek Janoty, więc od lat 30-tu, nakoniec boczna dolina pomiędzy Koszystą a Wołoszynem wykazuje dzisiaj już tylko niewyraźne ślady istnienia tutaj kiedyś jakiegoś zbiornika wód. Zresztą wody deszczowe i śnieżne z tej ostatniej doliny nie są już dopływami potoku Sucha Woda (a pośrednio Porońca), ale odwiedzione od niego niższemi wzgórzami przełęczy Waksmundzkiej, Przysłopu i Gęsiej Szyi, łączą się blizko Czerwonych Brzeżków ze strumieniem Roztoka uprowadzającym wszystkie wody z Doliny Pięciu Stawów Polskich.

Z powyższego widać, że jeżeli chodzi o stosunki ciepła g ł ę b o k i c h jezior tatrzańskich, to grupa ta wykazuje tylko jedno takie jezioro, t. j. wspomniany Staw Czarny pod Kościelcem, który nie tylko ze względu na swą znaczniejszą głębokość, ale i z innych jeszcze powodów zasługuje na zbadanie. Dodatkowo umieszczam pod koniec niektóre szczegóły tyczące się dwóch lub trzech płytkich jeziorek tej

Digitized by Google

grupy, zwłaszcza Stawu Zmarzłego nad Czarnym, którego wody tworzą właśnie główny dopływ Czarnego.

Staw Czarny pod Kościelcem [1]).

Położenie i otoczenie tego jeziora jest dobrze znane z opisów Kolbenheyer'a, Dziewulskiego, prof. Wierzejskiego i innych. Nie chcąc powtarzać rzeczy wiadomych, ograniczę się tylko do szczegółów, które dla jego termiki nie są obojętne. Położony na wysokości 1626 m. w bocznej części (południ.-wschodn.) Doliny Suchej Wody zbiornik ten kształtu mniej więcej trójkątnego, wciśnięty jest głęboko pomiędzy urwiste ściany Kościelca i bardziej położyste stoki Żółtej Turni. Trzeci bok rzeczonego trójkąta, będący zarazem wejściem do doliny jeziora, tworzy ogromny zwał (morena przednia) spadający znacznie stromiej na zewnątrz, aniżeli u innych jezior tatrzańskich. Natomiast wewnętrzny spad (t. j. od strony jeziora) moreny jest nieporównanie łagodniejszym; nosi on na sobie, równie jak sam trawiasty jej szczyt, ślady wielkiego zniszczenia, dokonanego w otoczeniu jeziora najwidoczniej już po utworzeniu się wału. Świadczy o tem znaczna ilość złomów granitowych nie wrosłych w ciało moreny (po stronie wewnętrznej), ale wprost na niem leżących i jak gdyby świeżo tam położonych, z których dwa samotne tuż przy brzegu jeziora są rzeczywiście zdumiewającej wielkości. Wklęsło ku górze wygięty i wielorako poszczerbiony zwał jeziora jest pomostem łączącym ze sobą Mały Kościelec od zachodu, Żółtą Turnię od wschodu: jedyne przedarcie blizko środka całej jego długości pozwala wodom jeziora odpływać po przednim stoku moreny zrazu łagodnym, następnie stromym, w Dolinę Suchej Wody [2]). Główny zapas wody zasilającej jezioro pochodzi ze stawku „Zmarzłego" położonego w dzikiej kotlinie z tyłu jeziora na piętrze 170 m. wyższem od poziomu Stawu Czarnego. Staw Zmarzły (o którym niżej jeszcze) zewsząd ukryty pomiędzy urwiskami Granatów i Koziego Wirchu, a pobierający swe wody wprost ze śniegów, które nawet brzegi jego ustawicznie zaścielają, jest na punkcie warunków insolacyjnych niezmiernie

---

[1]) Inaczej Cz. St. w dol. Suchej Wody; u Dziewulskiego Cz. St. Gąsienicowy.

[2]) Już raz zauważyłem w ciągu pracy niniejszej, że bardzo pożądanem byłoby sporządzenie dokładnych planów „terenowych" t. j. z isohypsami i pozostałymi szczegółami wybrzeża, nie zaś jedynie, jak u Dziewulskiego, samego rysunku brzegów, nie tylko jezior tatrzańskich, ale także moren (naczelnych), tak charakterystycznie tutaj rozwiniętych. Położenie upustu w morenie i jakość terenu w pobliżu niego rzuciłyby niejedno światło na postać starego lodowca, kierunek jego spadku, jakość pochodu jego podczas cofania się ku górze i t. d.

Digitized by Google

upośledzony: przyjmując, że jest dziennie przez cztery godziny naświetlany przez słońce w ciągu długiego dnia letniego. obawiam się jeszcze, czy nie zawiele podałem. Przy małej jego powierzchni (około ¼ Ha) i głębokości 4--5 m. w stanie normalnym, więcej zapewne wiosną i po deszczach) może on uchodzić prawie tylko za rozszerzony początek strumienia, prowadzącego wody wprost od śniegów ku Czarnemu Stawowi. Drugorzędne dopływy naszego jeziora pochodzą od śniegów zalegających wąwóz Zawratu (dopływ odrębny od poprzedniego głównego) oraz liczne żleby Żółtej Turni. O żadnem zatem większem „wygrzaniu się“ wody po górnych zbiornikach nie może tutaj być mowy, a sam dolny jej zbiornik należy zaliczyć bez wątpienia do jezior typu I-go. Zauważę dalej, że drugorzędne zimne jego dopływy znajdują się prawie wyłącznie po stronie wschodniej, t. j. u stóp Żółtej Turni [1]), tam więc, gdzie jezioro jest w ogólności płytsze; wschodni brzeg założony wiszącymi ponad wodą głazami odpadłymi od przepaścistych ścian Kościelca, nie wykazuje żadnego trwalszego dopływu. Tam też zarazem Staw posiada znaczną głębokość tuż przy brzegu (por. sondowania Dziewulskiego, Pam. Tow. Tatrz. T. VII; str. 81.). Przy sposobności dwukrotnego „objazdu“ tratwą wokoło jeziora samymi brzegami, uderzyła mię ogromna pod tym względem różnica wschodnich i zachodnich jego brzegów. Zbliżywszy się nadto (7-go sierpnia 1893) do brzegu po stronie Kościelca uwiązgłem jednym bokiem tratwy już na kamienistem dnie jeziora; drąg przeszło trzymetrowy, którym manewrowaliśmy, aby tratwę zepchnąć na wodę, nie zdołał równocześnie po drugiej jej stronie dna dosięgnąć. Widoczne w przejrzystych wodach szczegóły podwodne świadczyły o niezmiernie szybkim spadku dna w tych tu miejscach; nie mogłem się wraz ze swym towarzyszem oprzeć przekonaniu, iż ściany Kościelca znajdują głębokie przedłużenie popod poziomem jeziora, przedłużenie prawie ogołocone ze szutrowiska. Pospolite we wszystkich jeziorach tatrzańskich „przylądki“, t. j. nierówności brzegów, wsuwające się językowato w rysunek jeziora, a powstałe działaniem usypisk („piargów“) podnoszących nieustannie dno w pobliżu brzegów, występują tutaj wyłącznie po stronie wschodniej. Ich to działaniu należy przypisać, utworzenie nawet małej wysepki, jedynej ile wiem na stawach tatrzańskich, która na tym stawie znajduje się pod

[1]) Zwrócę uwagę na pomyłkę Dziewulskiego, który w tylnej części wschodniego otoczenia tego jeziora upatruje stoki Koziego Wirchu (Pam. Tow. Tatrz. VII str. 81.) na co wątpię, aby ktokolwiek znający miejscową topografię i ustaloną tutaj nomenklaturę, mógłby się zgodzić. Cały ten masyw górski zwie się niepodzielnie Żółtą Turnią, która wspólnie z Koszystą i Wołoszynem dopiero wyrasta z Koziego Wirchu.

Digitized by Google

Żółtą Turnią niedaleko odpływu, a około której jezioro posiada głębokość już tylko nieznaczną [1]).

Istniejący do tej pory materyał obserwacyjny ciepłoty na powierzchni tego jeziora jest następujący:

Rok	Data	Godzina	t	τ	Obserwator	Uwaga
1873	8/VIII	11^h a.	18·5	16·4°	Kolb.	
1874	12/VIII	$10\frac{1}{2}$ a.	9·2	10·0	„	(Hradszky nie 9·2 lecz 7·0)
1876	15/VII	$11\frac{1}{2}$ a.	21(?)	9·6	Świerz.	
„	16/VIII	?	15·1	11·2	Kolb.	
1879	30/VII	$11\frac{3}{4}$ a.	12·5	8·4	Świerz.	
1880	16/VII	$4\frac{1}{2}$ p.	18·0	12·8	„	
1881	17/VII	11 a.	16·4	9·3	Karliń.	
„	30/VIII	?	?	11·0	Dziew.	
1883	7/VIII	?	?	9·0	Świerz.	
1884	25/VIII	?	?	8·4	„	
1890	2/VIII	2 p.	17·0	11·0	B.	
„	8/VIII	$1\frac{1}{4}$ p.	15·0	12·9	„	(po ulewie z gradem)
„	„	$1\frac{1}{2}$ p.	13·6	13·2	„	(środek jeziora)
„	„	$2\frac{1}{4}$ p.	11·7	13·1	„	„
„	„	$4\frac{1}{4}$ p.	13·4	12 6	„	(przy dopł. od Zmarzł.
1891	9/VIII	$10\frac{3}{4}$ a.	9·6	8·3	„	(brzeg, jak zwykle)
„	„	11 a.	9·8	8·2	„	(środek jeziora)
„	„	2 p.	10·3	8·4	„	(brzeg „)
„	„	$2\frac{1}{4}$ p.	10·3	8·3	„	(środek „)
1892	23/VII	$5\frac{3}{4}$ p.	9·2	8·5	„	
„	„	7 p.	9·0	8·4	„	
„	24/VII	11 a.	7·7	8·3	„	znaczna depresya temperatury powietrza
„	25/VII	$8\frac{1}{4}$ a.	5·4	8·3	„	
„	„	$10\frac{1}{4}$ a.	4·3	8·3	„	
„	28/VII	$12\frac{1}{4}$ p.	11·0	8·8	Świerz	(środek stawu)
„	29/VII	? (rano)	?	8·3	„	(brzeg)
„	10/VIII	$2\frac{1}{2}$ p.	16·5	9·6	„	(przy upuście)
„	18/VIII	$12\frac{1}{2}$ p.	19·0	12·6	„	(środek stawu)
„	5/IX	7 a.	10·8	10·4	„	(brzeg)
„	„	12 mer.	?	11·2	„	(środek stawu)
„	12/IX	$3\frac{1}{2}$ p.	12·0	9·9	„	„
„	21/IX	$7\frac{1}{2}$ a.	8·0	10·0	„	„

[1]) Położenie tej wysepki na karcie sztabu generalnego jest zupełnie błędnem.

Digitized by Google

Rok	Data	Godzina	t	τ	Obserwator	Uwaga
1893	5/VIII	$7\frac{1}{2}$ p.	12·2	9·7	B.	(dopływ od Zmarzłego 3·6°)
„	6/VIII	$8\frac{1}{4}$ a.	8·9	9·4	„	(po deszczu)
„	„	$11\frac{3}{4}$ a.	8·1	9·2	„	
„	„	4 p.	9·2	9·4	„	
„	„	$6\frac{1}{2}$ p.	7·7	9·0	„	
„	7/VIII	$7\frac{1}{2}$ a.	6·7	8·7	„	
„	„	9 a.	6·8	8·7	„	
„	„	$11\frac{3}{4}$ a.	7·0	8·8	„	
„	„	$2\frac{1}{2}$ p	6·7	8·9	„	(środek jeziora)
„	„	$7\frac{1}{2}$ p.	6·3	8·8	„	
„	8/VIII	$6\frac{3}{4}$ a.	5·9	8·3	„	
„	„	$8\frac{3}{4}$ a.	6·6	8·5	„	(środek jeziora)
„	„	10^1 a.	7·7	8·7	„	

Około stu liczb temperatury powietrza przy tem jeziorze dających się zebrać w całości (między niemi 60 odczytanych na termografie w lipcu 1892) jest materyałem za nadto szczupłym, aby módz z niego wydobyć chociażby przybliżone średnie ciepłoty (w miesiącach letnich) sposobem podobnym do użytego przy Rybiem. Nie pozostaje więc nic innego, jak tylko poprzestać (na razie) na obliczeniu różnicy aerotermicznej (Czarny Staw — Rybie) ze znanej różnicy obu wzniesień. Różnica ta wynosi bardzo blizko 2·4 hm., co w miesiącach letnich odpowiada zniżce ciepłoty powietrza blizko 2·4. 0·65 = 1·5 C. wynoszącej, na niekorzyść naszego jeziora. W przybliżeniu będzie zatem

$$\text{Kraków} - \text{Czarny Staw} = 6{\cdot}8^0 + 0{\cdot}046\,T.$$

Znalezienie różnicy termicznej obu jezior jest obecnie nieco utrudnione z powodu nierównoczesności pomiarów ciepłoty tutaj i nad Rybiem. W powyższem zestawieniu można znaleźć rzeczywiście tylko sześć równoczesnych oznaczeń, a mianowicie

Rok	Data	Godzina	Czarny Staw		Rybie	Różnica
1892	10/VIII	$2\frac{1}{2}$ p.	9·6	(upust)	9·9	— 0·3° C.
„	18/VIII	$12\frac{1}{2}$ p.	12·6	(środek)	15·5	— 2·9
„	5/IX	7 a.	10·4		13·4	— 3·0
„	„	12 mer.	11·2	(środek)	13·7	— 2·5
„	12/IX	$3\frac{1}{2}$ p.	9·9	„	12·1	— 2·2
„	21/IX	$7\frac{1}{2}$ a.	10·0	„	11·2	— 1·2

Digitized by Google

stąd wartość rzeczonej różnicy wypadałaby średnio blizko — 2° C. Całość materyału obiecuje osiągnąć nieco większą dokładność w tej mierze, przyczem jednak nie da się ominąć interwencyi krakowskich obserwacyj.

Konieczne do tego celu ujednostajnienie materyału obserwacyjnego daje się uzyskać tylko redukcyą k a ż d e j z o s o b n a liczby Stawu Czarnego na przybliżoną średnią dzienną zapomocą środków podanych w części I-ej. To uczyniwszy, należy potem wpisać średnią dzienną Rybiego: liczbę pochodzącą albo z bezpośrednich i równoczesnych obserwacyj (co, jak widzieliśmy, zdarzyło się tylko kilka razy), albotež obliczoną zapomocą zasadniczego naszego wzoru, który przedstawia przebieg zmian rocznych (a przynajmniej kilku miesięczną ich część) ciepłoty Rybiego z dostateczną dokładnością. Świadom tej właściwości wzorów, mających przedstawiać roczny pochód pewnego zjawiska meteorologicznego, iż zacierają one szczegóły zjawiska, a dają jedynie »wygładzony« jego obraz, używałem ostatniego sposobu tylko w ostatecznym razie, kiedy dla daty obserwacyi przy Czarnym Stawie szukałbyś napróżno — w prawo. albo w lewo — obserwacyi *(R)* przy Rybiem, chociażby w przybliżeniu synchronistycznej. Tak było np. w latach 1873, 1874, jakoteż 1880 i 1881, w których co do Stawu Czarnego mamy chociaż po jednej obserwacyi, a w których — jak się zdaje — nikt nie zwiedził Rybiego z termometrem. Ile razy jednak daty obserwacyj przy obu wodach były do siebie zbliżone (tak r. 1876. Czarny Staw 15. lipca, Rybie 12. lipca; 1879. Czarny Staw 30. lipca, Rybie 24. lipca itd.), tyle razy postąpiłem nieco odmiennie, a sądzę, że ściślej i bezpieczniej. Jeżeli obliczymy teoretyczne średnie dzienne R'_m, R'_n wód Rybiego w obu b l i z k i c h datach m i n, to — gdyby wzór zasadniczy przedstawiał wszystkie szczegóły zmian temperatury, obliczona średnia R'_m musiałaby być dokładnie równą średniej R_m istotnie obserwowanej przy Rybiem pod datą m; dla przyczyn dopiero wymienionych, różnica $(R_m - R'_n)$ najczęściej nie będzie jednak zerem. Zważmy teraz, iż termiczna zmienność jeziora dokonywa się sposobem ciągłym, zważmy zarazem na ciągłość wzoru „teoretycznego“, przedstawiającego roczny normalny pochód ciepłoty na powierzchni Rybiego, a będziemy mogli stanowczo utrzymywać, że dla daty n, blizkiej dacie m, różnica $(R_n - R'_n)$ będzie posiadała znowu t ę s a m ą w a r t o ś ć (bardzo blizko), gdyż wielkość anomalii „wyrównanego“ przebiegu jakiegoś zjawiska meteorologicznego od istotnego jego przebiegu, nie jest przywiązaną do daty dnia jedynego, ale utrzymuje się zawsze przez czas dłuższy. Jeżeli więc $R_n - R'_n = R_m - R'_m$, to wzór

Digitized by Google

$$R_n = R_m + (R'_n - R'_m)$$

da zawsze bardzo zbliżoną wartość średniej ciepłoty R_n, lubo dla daty n nie istnieje faktyczny pomiar ciepłoty wód Rybiego. Oczywiście, że będzie to prawdą tylko tak długo, dopóki obie daty m, n nie będą zbyt odległemi od siebie. Jeżeliby oprócz pomiaru R_m pod datą m, istniał jeszcze drugi niedaleki pod datą m', to w taki sam sposób osiągnęlibyśmy jeszcze drugie zbliżone oznaczenie liczby R_n potrzebnej nam do porównania; wówczas średnia z obu oznaczeń dostarczyłaby naturalnie wartości tem bezpieczniejszej. Gdzie różnica dat m, n nie przekracza dwóch, trzech dni i ten zachód będzie najczęściej zbytecznym, a za R_n będzie wolno wówczas przyjąć wprost R_m. Z rzadkim bowiem tylko wyjątkiem bardzo nagłych zmian średniej dziennej ciepłoty powietrza, z któremi i tak nie skoro oswoją się wody jeziora, różnica $(R'_n - R'_m)$ będzie w takich razach zawsze bardzo małą, mniejszą bez kwestyi od drobnych niepewności, tkwiących jeszcze tak w samej redukcyi, jak i w błędzie podziałki rozmaitych termometrów.

Takim to, dość mozolnym sposobem, otrzymałem poniższe zestawienie. Objaśniam zaraz, iż głoska r wskazuje na liczbę wprost obrachowaną zapomocą naszego wzoru zasadniczego, głoska d (differ.) zaś na liczbę znalezioną metodą różnic dopiero co wyłuszczoną, ta sama podwójnie *(dd)* na liczbę otrzymaną z dwukrotnego zastosowania tej metody do dwóch poblizkich dat m i m'.

Rok	Data	Cz. Staw	Rybie	Różnica = ρ	T	T'	T''
1873	8/VIII	15·1°	15·3	r —0·2°	21·0	20·7	18·4
1874	12/VIII	9·8	12·7	r —2·9	15·7	19·1	18·2
1876	15/VII	8·0 [1])	9·9	d —1·9	17·8	18·1	15·5
„	16/VIII	10·0	11·3	d —1·3	17·7	18·8	18·0
1879	30/VII	7·9	9·8	dd —1·9	18·3	16·5	17·5
1880	16/VII	11·8	12·3	r —0·5	21·9	21·2	15·3
1881	17/VII	8·0	10·8	r —2·8	18·3	18·9	15·9
„	koniec sierpnia	10·0 (±)	12·8 (±)	r —2·8 (±)	16·5 (±)	16·6 (±)	19·1
1883	7/VIII	9·0 (±)	11·3	d —2·3	19·4	16·1	18·1
1884	25/VIII	8·4 (±)	10·9	d —2·5	14·2	15·5	18·3

[1]) Liczba tylko przybliżona z powodu, że ciepłota powietrza (21° C.) zanotowana przez obserwatora (p. Świerz) jest stanowczo za wysoką i pochodziła zapewne z odczytania termometru bez dostatecznego ocienienia. Kraków tego dnia miał średnią dzienną 17·8°, Zakopane (8 . 2 . 8) 16·6, Poronin (7 . 2 . 9) 15·25. Prawda, że dzień był bardzo pogodny i panowała wybitna zwyżka barometryczna.

Digitized by Google

Rok	Data	Cz. Staw	Rybie	Różnica = ρ		T	T'	T''
1890	2/VIII	10·8	12·2	*dd*	−1·4	23·8	17·2	16·5
„	8/VIII	12·9	12·5	„	+0·4	22 1	20·0	16·4
1891	9/VIII	8·2	9·6	*ddd*	−1·4	15·3	16·2	17·3
1892	23/VII	8·4	11·9	„	−3·5	19·2	17·0	17·3
„	24/VII	8·3	11·7	„	−3·4	18·2	16·9	17·4
„	25/VII	8 3	10·5	„	−2·2	15·0	16·7	17·4
„	28/VII	8·6	11·5	„	−2·9	17·6	16·4	17·5
„	29/VII	8·6 (±)	10·9	„	−2·3	16·4	16·3	17·4
„	18/VIII	12·0	14·8		−2·8	23·5	18·4	17·3
„	5/IX	10·7	13·1		−2·4	15·5	19·5	18·1
„	12/IX	9·4	11·7		−2·3	16·1	17·0	18·4
„	21/IX	10·0	11·9		−1·9	15·2	16·0	18·7
1893	5/VIII	9·8	12·6	*ddd*	−2·8	19·9	18·5	17·2
„	6/VIII	9·3	11·8	„	−2·5	18·4	18·2	17·0
„	7/VIII	8·7	11·2		−2·5	16·9	18·2	17·0
„	8/VIII	8·4	10·6		−2·2	15·5	18·1	17·0

Średnia −2·1° C.

Średnia wartość — 2·1° C. różnicy ρ, jaka wypada z tego zestawienia, może oczywiście służyć tylko do ogólnego zoryentowania się w rzeczy, jeżeli zważymy, że osobne jej wartości dochodziły z jednej strony do — 3·5°, innym zaś razem były blizkiemi zera, a raz nawet doszły do wartości dodatniej (+ 0·4 w dniu 8. sierpnia 1890). Ze samego zestawienia już widać, że i tutaj — podobnie jak dla Stawu Wielkiego — (odjemna) różnica ρ się zmniejsza w czasie upałów, jak tego dowodzą liczby z dat 8. sierpnia 1873, 16. lipca 1880, 2. i 8. sierpnia 1890. Ile razy zresztą zachodziła większa nierównoczesność obserwacyj przy Czarnym Stawie i przy Rybiem, tyle razy i użyta redukcya „na równoczesność“ jest nie dość bezpieczną, na co jednak już żadnej rady niema. Próba dopatrzenia zależności liczby ρ od ciepłot T, T' T'', które są umieszczone zarazem w ostatniej tabeli, miała skutek tylko częściowy. Ugrupowawszy różnice ρ według ich wartości i utworzywszy, jak to już kikakrotnie czyniliśmy, średnie z kilku tylko grup w celu kompensaty błędów, otrzymywałem przy kilku odmiennych grupowaniach zawsze za mało wyraźne ślady rzeczonej zależności, ażeby módz rokować powodzenie ilościowemu wyznaczeniu. Mogłem tylko stwierdzić, że największe wartości (odjemne) różnicy ρ zdarzają się wówczas, gdy po czasie słotnym następuje wypogodzenie, co wygląda tak, jak gdyby Rybie po takiej zmianie pogody ogrze-

Digitized by Google

wało się żwawiej, aniżeli Staw Czarny. Wzrost ten (odjemnej) różnicy trwa jednak tylko do pewnego kresu, gdyż za nastąpieniem dłuższej pogody, ciepłoty obu jezior na powierzchniach zdążają ponownie do jednakowej wartości.

Co się tyczy sondowań termometrycznych tego jeziora, to (prócz bardzo wątpliwej liczby 5·0°, znalezionej przez Dziewulskiego [1]) w sierpniu 1881. na dnie w miejscu największej głębokości) posiadamy je dotąd z pięciu różnych lat. Z tych chronologicznie pierwsze (p. Świerza wykonane w dniu 25. sierpnia 1884) jakoteż drugie (jakie wykonałem 8. sierpnia 1890) podałem był już w części I-ej niniejszej pracy, dołączając tam zarazem niektóre uwagi tyczące się pionowej zmienności temperatur, a zwłaszcza głębokości znanego nam punktu przegięcia *P*. Wyniki sondowań termometrycznych z lat następnych 1891, 1892 i 1893 umieszczam poniżej, zachowując oryginalne liczby dane wprost obserwacyą; zauważę tylko, iż z roku 1892. istnieją (jak przy Rybiem) dwa niezależne od siebie szeregi sondowań, wykonanych przez p. Świerza i przeze mnie.

1891, 9. sierpnia, pomiar rozpoczęty o 11^h a. m. przy temperaturze powietrza 9·6° C. (termometr minimum Dr. Houdek).

z	*t*
0·0 m.	8·2° C.
2·1	7·95
4·0	7·85
6·7	7·65
12·4	6·3
16·2	5·5
21·0	4·9
32·4	4·15
36·3	4·20.

Termometr zapuszczony na dno stawu (w miejscu blizko 48 m. głębokiem) zalazł w szczelinę między kamieniami, skąd został wprawdzie wydobyty z kłopotem, ale rozbity, o czem już poprzednio wspomniałem. Indeks stalowy wskazywał temperaturę 4·5° (sic!), której to liczbie nie mogę jednak ufać z powodu, że skutkiem wstrząśnień, jakich doznał termometr w całej tej przygodzie, musiał wskaźnik zapewne nieco opadnąć własnym ciężarem. Powyższe sondowanie przypadało na czas długotrwałej niepogody. To samo ujednostajnienie temperatury w pionowym słupie wody, które widzieliśmy już przy sier-

[1]) Pam. Tow. Tatrz., T. VII. Kraków 1882, str. 85.

Digitized by Google

pniowych t. r. sondowaniach Rybiego, występuje również i tutaj: od 12 do 36 m. głębokości zniża się ciepłota tylko o 2° C., gdy w roku 1890 na tej samej przestrzeni mieliśmy zniżkę całych 3°. Charakterystyczną jest zwłaszcza krzywa termiczna w pobliżu punktu przegięcia *P*. Głębokość jego wynosiła wówczas wprawdzie około 10 m., a więc dość wiele, ale krzywa przedstawiała w tem miejscu wygięcie bardzo słabe, a maximum (odjemne) zmiany chyżości $\frac{d\tau}{dz}$ nie dosięgnęło nawet wartości — 0·3°. Dłużej trwająca słota letnia wywołuje wpływ na jezioro prawie taki sam, co przejście lata w jesień: w obu razach krzywa termiczna wydyma się coraz mniej i zbliża się wreszcie do linii prostej. Widzieliśmy poprzednio (część I). że objawowi temu towarzyszy zarazem podnoszenie się punktu *P* ku powierzchni jeziora, lubo związek obopólny tych zmian nie dał się na podstawie dotychczasowych pomiarów ilościowo wyznaczyć. Z powyższego zdaje się jednak wynikać, iż na raptowne zniżki temperatury powietrza „czulszą" jest ilość *V* aniżeli *K* (zob. część I rozdział VII), tj. że za zmianami takiemi krzywa termiczna szybko usiłuje przetworzyć się w linię prostą, podczas gdy sam punkt *P*, dość głęboko latem pogrążony, znacznie opieszalej zaczyna się wynurzać.

Sondowania tego jeziora w dniach 23, 24 i 25. lipca 1892 dały mi liczby następujące:

z	*a*	*b*	*c*
0·0 m.	8·4°	8·3°	8·3°
2·1	8·35	8·25	8·2
4·0	8·25	8·2	8·1
6·7	8·10	6·8	6·5
9·6	7·4	—	6·5 (sic!)
12·4	6·0	—	5·95
16·2	—	—	5·2
21·0	4·7	—	—
25·8	—	—	4·3
41·9	—	—	3·2.

Ostatnia liczba (3·2° C.) jest najmniejszą, jaką kiedykolwiek dla którego z głębokich jezior tatrzańskich znaleziono. Jedynie raz niższą od tej wartości temperaturę znalazłem (latem) na dnie płytkiego, ale wysoko położonego jeziorka tatrzańskiego, o którem pod koniec.

Trzy przytoczone szeregi odnoszą się zresztą do trzech odmiennych stanowisk na Czarnym Stawie. Pierwszy odpowiadał przodowi

Digitized by Google

jeziora naprzeciw ścieżki prowadzącej w zakosy na przełęcz zwaną „Karb“ łączącą obydwa Kościelce, drugi odbywał się również z przodu jeziora, ale po stronie bliższej odpływowi, w odległości 30 (±) m. od moreny przedniej, gdzie jezioro jest już dość płytkiem; trzeci (*c*) został wykonanym poza „środkiem“ jeziora już w tylnej jego części, niedaleko miejsca największej jego głębokości, które nie leży w środku, ale znacznie bliżej Wielkiego Kościelca (por. sondowanie Dziewulskiego). Żadnym razem nie doszedłem do dna i to rozmyślnie z obawy, aby termometr Alta, którego teraz używałem, nie uległ temu samemu losowi, co jego poprzednik.

Liczby z głębokości 6·7 m. (3-ci węzeł) zdają się wskazywać na pochylenie głębszych powierzchni (płaszczyzn) isotermicznych ku prawej stronie moreny i to nawet wcale znaczne. Z danych powyższych możnaby wprawdzie dla jednej isotermy (6·8°) wyznaczyć łatwym zresztą rachunkiem tak nachylenie jej *(i)* jakoteż oryentacyę *(k)*, waham się jednak przystępować do wyprowadzania wniosków w tej delikatnej materyi jedynie na podstawie trzech liczb. Pomimo, że odczytywanie termometru minimum wykonywałem zawsze z największą uwagą i bacznością, nie mogę zaręczyć, czy też nie wkradła się przy którem odczytaniu omyłka, a nie taję przed sobą, że gdyby jedna z trzech wspomnianych ciepłot odnoszących się do głębokości 6·7 m. (np. liczba 8·10° przy pomiarze *a*, od pozostałych dwóch 6·8°, 6·5° uderzająco większa) była nierzetelną, to rachunek doprowadziłby do wartości *i*, *k* zupełnie fałszywych. Niewątpliwe, jak mniemam, rezultaty, które w tej mierze pozyskaliśmy co do Rybiego, pozwalają jednak utrzymywać, że i tutaj przód jeziora będzie cieplejszy, że więc spad płaszczyzn isotermicznych będzie wogóle ku morenie zwróconym. Wielka stromość dna nakazuje prócz tego oczekiwać znacznego krzywienia się głębszych powierzchni isotermicznych, zwłaszcza w poprzek jeziora, tj. w kierunku równoległym do moreny, z powodu, że dno jeziora wykazuje największe spadki właśnie na kierunku poprzecznic, od Żółtej Turni ku Wielkiemu Kościelcowi. Zauważę, że z tych powodów Staw Czarny do badania postaci powierzchni isotermicznych jest z pewnością polem wdzięczniejszem, aniżeli Rybie jezioro, którego dno posiada spadki znacznie łagodniejsze.

W kilka dni po moich sondowaniach wykonał tutaj (28. lipca 1892) p. Świerz krótki szereg sondowań, mierząc temperatury, jak zwykle na „środku stawu“, w czterech rozmaitych głębokościach.

Znaleziono:

Digitized by Google

z'	τ'
0 m.	8·8° C.
10	7·4
15	5·6
20	4·8
25	4·5,

gdzie głębokości z' nie są poprawione z powodu kurczenia się sznura, temperatury τ' nie poprawione z powodu błędu zera na podziałce termometru Negretti and Zambra (z wyjątkiem pierwszej liczby 8·8°, która zawsze zwykłym termometrem bywała oznaczaną). Należy żałować, iż wówczas nie sondowano stawu do większych głębokości. Sierpniowe i wrześniowe sondowania p. Świerza na tem jeziorze dały mu (zob. niżej) dla $z' = 47$ m. jeszcze tak wysoką temperaturę jak $\tau' = 4{\cdot}2^0$, gdy znacznie płyciej dla $z = 41{\cdot}9$ m. otrzymałem tylko 3·2°, a więc o cały stopień mniej. Prawda, że stanowiska nasze na jeziorze bardzo były odmienne (moje w tylnej części jeziora lecz bliżej Kościelca), nie śmiem jednak utrzymywać, czy ta jedna okoliczność jest dostateczną do objaśnienia tak znacznej różnicy. Nie mogę zaś uwierzyć, aby 24ro - dniowy przeciąg czasu (od 25. lipca do 18. sierpnia 1892) mógł ją wywołać. Wogóle najniższą obserwowaną przez p. Ś. w tym roku temperaturą w głębi tego jeziora była 4·2° C. (popraw. 4·15°); natomiast w roku 1884. blizko dna jeziora ($z = 46$ m.) znalazł termometrem Kapp. tylko 3·3°, więc liczbę do 3·2° bardzo zbliżoną. Niezgodności powyższej nie umiem sobie wytłómaczyć; muszę jednak wykluczyć podejrzenie błędności liczby 3·2° z powodu, że (jak czytam w równoczesnych swych zapiskach) głęboki pomiar, który ją dostarczył, został wykonanym wśród warunków bardzo sprzyjających (spokój na wodzie, sznur pionowy itd.) i właśnie z troskliwością większą aniżeli przy innych, płytszych sondowaniach. Kłopotliwe, a dla całości termometru zawsze niebezpieczne, spuszczanie go do blizkości dna stawu, przestrzegało przed ryzykownem powtarzaniem manipulacyi; raz ją wykonywając czułem, że potrzeba wszystko uczynić, aby módz zupełnie zaufać liczbie otrzymanej. Bliższe okoliczności głębokich sondowań sierpniowych pana Świerza nie są mi znane; przypuszczenie, że poprawka termometru Negr. and Zambra była nieco odmienną w r. 1892., aniżeli w r. 1893. (równa — 0·05°; z bezpośredniego porównania jego termometru z moim R') nie zdoła wytłómaczyć różnicy 1°. Można sobie wprawdzie wyobrażać, iż termometr Alt Nr. 29. zapuszczony przeze mnie w tylnej części jeziora do głębokości 41·9 m., napotkał tam właśnie strugę bardzo zimnej wody, pochodzącą

Digitized by Google

od śniegów zalegających wąwóz Zawratu, a że w prawo i w lewo od koryta tego prądu woda była już znacznie cieplejsza i że bystrość takiej strugi, odpowiadająca znacznemu spadkowi dna jeziora, nie zezwalała na wyrównanie się temperatur, tj. na pomieszanie się wody prądu z wodą jego łożyska. Ale to wszystko należy tylko uważać za domysł, który dopiero zapomocą przyszłych badań do tego celu skierowanych, dałby się uzasadnić. Istnieje dostateczna zgodność przy mniejszych głębokościach między liczbami p. Świerza i mojemi, a drobne różnice dają się zupełnie wytłómaczyć odmiennemi stanowiskami tratwy. W obu razach głębokość K punktu przegięcia P (biorąc $z = 0{\cdot}95\, z'$) znajduje się blizką 11-tu metrom, maximum (odjemne) V pionowej zmiany ciepłoty blizkie $-0{\cdot}5^{\circ}$ C.

Sierpniowe sondowania p. Świerza (d. 18/VIII 1892) dały następujące wyniki:

z'	τ'
0 m.	12·6° C.
10	7·6
15	5·3
20	4·8
25	4·4
30	4·4
35	4·2
40	4·2
45	4·2
47	4·25 (w mule).

Odstęp między pierwszą głębokością (0 m.) a drugą, jakoteż między drugą a trzecią jest tutaj nieco za wielki, a z tej przyczyny nie daje się teraz oznaczyć bezpiecznie ilość K. Co do drugiej ilości, t. j. V, to z uwagi, że

$$\frac{7{\cdot}6 - 12{\cdot}6}{10 - 0} = -0{\cdot}50^{\circ}, \qquad \frac{5{\cdot}3 - 7{\cdot}6}{15 - 10} = -0{\cdot}46^{\circ}$$

możemy utrzymywać stanowczo, iż wartość jej w dniu 18. sierpnia nie była mniejszą, jak 28. lipca 1892.

Zauważmy, że 21-dniowy czas podwyższył temperaturę wody w głębokości $z' = 10$ m., zaledwo o $0{\cdot}2^{\circ}$ (z 7·4 na $7{\cdot}6^{\circ}$). że w głębokości $z' = 15$ m. nastąpiło wśród tego zniżenie się ciepłoty o $0{\cdot}3^{\circ}$ (z 5·6 na 5·3), które jeszcze nawet w głębokości $z' = 25$ m. się uwydatnia zniżką $0{\cdot}1^{\circ}$ (z 4·5 na 4·4). Wszystko oczywiście w przypuszczeniu (mało prawdopodobnem), że obydwa sondowania termometryczne

Digitized by Google

p. Świerza odbywały się dokładnie na jednem i tem samem stanowisku jeziora.

Więcej informują sondowania wrześniowe tego samego obserwatora. Okoliczność, że tym razem sondowano jezioro w mniejszych odstępach sznura, pozwala obie ilości K i V oznaczyć z należytą dokładnością, a nadto dopatrzeć wpływu, jaki na wody jeziora poczęły wywierać nastające już chłody jesienne. Obydwa szeregi przedstawiają się jak następuje

z'	5/IX	τ'	12/IX
0 m.	11·2° C.	—	9·9° C.
5	10·2	—	—
8	10·0	—	—
10	9·8	—	9·6
11	—	—	9·5
12	9·7	—	9·3
13	9·2	—	8·0
14	—	—	6·7
15	—	—	6·2
16	5·8	—	—
17	—	—	5·7
18	5·2	—	—
22	4·8	—	—
33	4·3	—	—
47	4·2	—	— .

Porównanie tych liczb z liczbami szeregów z dnia 23. lub 28. lipca t. r. okazuje nasamprzód, że cały okres upalny r. 1892 na ciepłotę wód jeziora wywarł wpływ nie głębiej, jak do 21 m. Jakoż wprowadzając korekcyę termometru Negr. and Zambra $= -0{\cdot}05°$, a zarazem biorąc $z = 0{\cdot}95\, z'$, będziemy mieli

1892	28. lipca (pomiar a)	$z = 21{\cdot}0$ m.	$\tau = 4{\cdot}7°$ C.
	28. „	19·0	4·75
	18. sierpnia	19·0	4·75
	5. września	20·9	4·75.

Poniżej tej głębokości nietylko że nie można już dostrzedz wzrostu temperatury, ale owszem miejscami występuje drobne obniżenie (jak np. dla $z' = 25$ m. w lipcu 4·5°, w drugiej połowie sierpnia 4·4°). W tydzień później (12. września 1892) występuje już bardzo wyraźnie oziębiający wpływ jesieni we wszystkich warstwach wodnych nie głębszych od $13{\cdot}0 \cdot 95 = 11{\cdot}4$ m. Jeszcze 5. września całkowity ubytek

Digitized by Google

ciepłoty od powierzchni do $z' = 10$ m. wynosił $(11{\cdot}2 - 9{\cdot}8) = 1{\cdot}4^0$ w tydzień później na tej samej przestrzeni mamy już tylko $(9{\cdot}9 - 9{\cdot}6) = 0{\cdot}3^0$. Wspomniałem już poprzednio, że ten objaw jest wspólnym wszystkim jeziorom strefy umiarkowanej; m. i. został on także stwierdzony przez jesienne sondowania profesora Forel'a na licznych jeziorach szwajcarskich i sabaudzkich.

Te początki przeradzania się krzywej termicznej w późno-jesienną linię prostą — jak to widzieliśmy zresztą już przy Rybiem — dają się uczuć, pomimo tygodniowej tylko różnicy czasu, nawet już w samej głębokości punktu przegięcia P. Z czterech dat ($z' = 12, 13, 16$ i 18 m.) pierwszego szeregu, obliczam wzór interpolacyjny

$$\tau' = 9{\cdot}7 - 0{\cdot}1250\,\xi - 0{\cdot}4292\,\xi^2 + 0{\cdot}05417\,\xi^3, \quad \xi = (z' - 12),$$

który na zmienną chyżość temperatury daje

$$v' = -0{\cdot}1250 - 0{\cdot}8584\,\xi + 0{\cdot}16251\,\xi^2,$$

skąd, kładąc $\frac{dv'}{d\xi} = 0$, otrzymujemy na maximum funkcyi v'

$$\xi = 2{\cdot}64, \text{ więc } z' = (12 + 2{\cdot}64) = 14{\cdot}64 \text{ m.},$$

tak, że K wynosiło wówczas (odtrącając 5% na kurczenie się sznura, blizko 14 m. Podobny rachunek z drugiego szeregu liczb tygodniem późniejszego daje na K wartość wynoszącą już tylko 12·2 m.; ilość V posiadała natomiast w obu razach wartość prawie jednaką i równą $-1{\cdot}3^0$. Szkoda, że jeszcze jeden szereg tegoroczny — z dnia 21. września — składa się tylko z dwóch [1]) liczb: temperatury na powierzchni ($10{\cdot}0^0$) i na dnie ($4{\cdot}2^0$, ta sama co w sierpniu); cztery sondowania w pobliżu 10 m. głębokości, gdyby je wówczas wykonano, byłyby niezawodnie wykazały jeszcze znaczniejsze zmniejszenie się głębokości K, ewent. także i chyżości — V.

Co do głębokości, w której w tem jeziorze znikają roczne zmiany ciepłoty, to z powodu braku zimowego tutaj sondowania, można na to pytanie w przybliżeniu tylko odpowiedzieć. Przypuściwszy uwarstwienie termiczne tego jeziora, zimą jednakie z uwarstwieniem Rybiego, doszlibyśmy do wniosku, że głębokość, o której mówimy, mu-

[1]) Jest tam jeszcze trzecia liczba $\tau' = 10{\cdot}0^0$ dla $z' = 10$ m., ale ją uważam za bardzo wątpliwą. Woda była cieplejszą o 2^0 od powietrza, termometr (systemu Negretti and Zambra odwracany dopiero po wyjęciu z wody) mógł tutaj dawać bardzo łatwo temperaturę najwyższych warstw wody, które dwukrotnie przekraczał (wpuszczany i wyciągany).

Digitized by Google

siałaby być nieco większą w Stawie Czarnym niż w Rybiem, tj. większą od 30 metrów.

To przypuszczenie zyskuje na prawdopodobieństwie, jeżeli zważymy, że ostateczności rocznych temperatur powietrza są z wszelką pewnością przy Stawie Czarnym bardziej odległe od siebie, aniżeli przy Rybiem, niższem o 2½ hm. od tamtego i jeszcze wśród zasięgu leśnego leżącego. Wiadomo zaś, że właśnie wielkość amplitudy rocznej decyduje o głębokości, w której zmiany roczne znikają, czy to pod wodą, czy też pod powierzchnią gruntu suchego. Przypominam, że w krajach międzyzwrotnikowych Ameryki południowej, gdzie roczna amplituda ciepłoty powietrza nie dochodzi 5° C., znalazł Boussingault stałą jak rok długi temperaturę już w głębokości 0·6 m., gdy w środkowej Europie rzeczona głębokość wynosi już 24 m., a jeszcze więcej w kontynentalnym klimacie Azyi środkowej, jak to wynika z poszukiwań Ermann'a.

Przy wysnuwaniu jakichś ilościowych na tym punkcie wniosków co do Stawu Czarnego, potrzebne jest zachowanie ostrożności, jeżeli będziemy pamiętali, że pionowy rozkład temperatur zimą będzie analogicznym jak w Rybiem, ale tem samem nie musi on jeszcze być identycznym w tych dwóch jeziorach. Niepewność, o ile głębiej popod 30 m. leży warstwa wody, na którą roczne zmiany ciepłoty powietrza nie mają już wpływu, daje się — jak na teraz — w małej tylko części uchylić zapomocą rozważania największego pogłębienia się punktu P w jednem, a względnie w drugiem jeziorze. Zważmy, że równoczesne wartości tego pogłębienia się ($= K$) nie wypadały w obu równe, ale że w Stawie Czarnym znajdowaliśmy zawsze wartości większe. Około połowy września 1892, gdy tu i tam ilość K doszła do swego maximum, sama ich różnica przybrała wartość największą ze wszystkich dotąd znanych i równą blizko $(14 - 9) = 5$ m. Objaw ten nie wydaje mi się przypadkowy, a to tem więcej, że równoczesna postać obu krzywych termicznych poniżej ich punktów przegięcia nie wykazuje już żadnej wyraźnej różnicy tak, że dolne gałęzie obu krzywych, po należytem ich przemieszczeniu, mogłyby się nakryć w zupełności. Jest więc prawdopodobne, że wielkość dodatkowego pogłębienia, o którem mówiliśmy, nie o wiele przekroczy 5 m. tak, że głębokość Stawu Czarnego, w której znikają roczne zmiany ciepłoty, możemy w przybliżeniu przyjąć jako równą 35 — 40 m. Z uwagi, iż największa głębokość jeziora wynosi 45 m. (Dziewulski 47 m.), mniemam, że najgłębsze warstwy wody o grubości co najmniej 5-cio metrowej nie ulegają już wpływowi rocznych zmian temperatury powietrza. Że późno-jesienne, zimowe i wiosenne dopływy

Digitized by Google

jeziora nie mogą mieć żadnego wpływu na ciepłotę najgłębszych warstw jeziora, uzasadniłem już w części I-szej; wody tych dopływów pogrążają się jesienią, wiosną i wczesnem latem tylko do miernych głębokości, a zimą płyną nawet tylko po samej powierzchni, nie naruszając ustroju termicznego warstw głębszych. Nie ma więc potrzeby powtarzania, iż tylko letnie lub wczesno jesienne dopływy mogą „odświeżać" wodę w pobliżu dna jeziora, ewentualnie wywołać drobną zmianę ich temperatury.

Pozostają jeszcze do przytoczenia wyniki moich sondowań tego jeziora z r. 1893. Dnia 7. sierpnia tego roku otrzymałem (termometr R_3) następujące liczby

z	τ
0·00 m.	8·85 C.
1·72	8·72
3·46	8·59
6·10	7·96
8·73	6·01
11·40	5·14
14·92	4·70
23·85	3·96.

Głębiej nie mogłem zapuszczać termometru z powodu ulewy, która mię zaskoczyła. Pomiary rozpocząłem o $2\frac{1}{4}$ p. m. Temperatura powietrza była przez cały dzień niższa od temperatury wody; pierwsza z nich wynosiła tylko 5·8° C. o godzinie 1 popołudniu. Tak samo zimnym był dzień poprzedni (maxim. temper. 9·2° C. o 4^h p., minimum 6·8° o 8^h p.), jakoteż następny. t. j. 8. sierpnia (maxim. 8·5° o 2^h p., minimum 5·6° o 6^h a.); znaczna depresya termometryczna rozciągała się zresztą na wielkiej przestrzeni kraju już od 30. lipca, a dla Krakowa średnia jej wartość wynosiła — 1·8° C., średnio dla 12 dni od 30/VII — 10/VIII, dosięgając w poszczególnych dniach wartości — 3·6° i — 3·8° C.

Zniżka ta nie mogła pozostać bez wpływu na pionowy rozkład temperatur w jeziorach tatrzańskich. Widzieliśmy poprzednio, że dla Rybiego ilość K w samym końcu lipca 1893 r. zmalała do niebywałej latem wartości 5·4 m., a takie samo cofnięcie się punktu P ku górze możemy skonstatować także i dla Stawu Czarnego. Z 3-ej, 4-ej, 5-ej i 6-ej danej ostatniego sondowania, daje slę obliczyć wzór interpolacyjny

$$\tau = 8{\cdot}59^0 + 0{\cdot}83\,\xi - 1{\cdot}86\,\xi^2 + 0{\cdot}40\,\xi^3,$$

Digitized by Google

gdzie dla skrócenia $\xi = \frac{z - 3{\cdot}46}{2{\cdot}63}$ położono. Stąd dla zmiennej pionowej chyżości temperatury otrzymujemy

$$v = \frac{d\tau}{dz} = \frac{1}{2{\cdot}63} \cdot \frac{d\tau}{d\xi} = \frac{1}{2{\cdot}63} (0{\cdot}83 - 3{\cdot}72\,\xi + 1{\cdot}20\,\xi^2),$$

a warunek na jej maximum daje

$$-3{\cdot}72 + 2{\cdot}40\,\xi = 0,$$

skąd $\xi = 1{\cdot}55$, zaczem szukana głębokość

$$K = 1{\cdot}55 \,.\, 2{\cdot}63 + 3{\cdot}46 = 7{\cdot}6 \text{ m.},$$

jakoteż przynależne maximum (odjemne) samej chyżości $V = -0{\cdot}78^{\circ}$C.

Ponieważ i reszta sierpnia 1893., z wyjątkiem tygodnia leżącego około 5-tej jego pentady, była anormalnie chłodną, więc nie wydaje się prawdopodobnem, aby podczas reszty lata i początku jesieni t. r. mogła głębokość K znaczniej wzrosnąć. Podczas mego tegorocznego pobytu przy tem jeziorze (od 5. do 8. sierpnia) nie było już wcale śniegu po żlebach Żółtej Turni, a tem mniej po zaułkach Kościelca; jedyny, a dość daleką drogę do jeziora mający dopływ śnieżny, był z wąwozu Zawratu. Ciepłota jego przed wejściem do jeziora była $3{\cdot}2^{\circ}$; niewiele więcej, bo $3{\cdot}6^{\circ}$ wynosiła ciepłota głównego dopływu od Stawku Zmarzłego. Obie były mierzone dnia 5. sierpnia około 6-tej wieczorem. Jeden i drugi mógł się więc dostać wówczas aż do dna jeziora (nie tracąc swej ciepłoty), skoro temperatura już w głębokości niecałych 429 m. wynosiła wówczas tylko $3{\cdot}6^{\circ}$, a w pobliżu dna z pewnością niewięcej jak $3{\cdot}5^{\circ}$. Była to więc właśnie pora „odświeżania" wody w znacznych głębokościach jeziora. Już dnia 1. września 1893. spadły pierwsze i to dość obfite śniegi w Tatrach, pokrywając wzgórza tą powłoką znacznie niżej od górnego zasięgu leśnego. Staw Czarny leży blizko 120 m. wyżej od tej granicy botanicznej; żleby w jego otoczeniu i samo pobrzeże poczęły już wówczas dostarczać dopływów o ciepłocie niewiele wyższej od zera. Wody te, jako lekkie, mogły się pogrążać już tylko bardzo płytko, a mieszając się w górnych warstwach jeziora z wodami dotąd cieplejszemi, poczęły je oziębiać i przygotowały w ten sposób już wówczas powrót do zimowego ustroju termicznego w masie jeziora.

O kilku małych i płytkich stawkach, leżących po drugiej stronie Kościelca u stóp Świnnicy mówiłem już pokrótce na początku

Digitized by Google

tego rozdziału, jakoteż w rozdziale poświęconym zimowej fizyognomii jezior tatrzańskich. Materyały do ustalenia stosunków temperatury na ich powierzchniach są prawie żadne, a z 2 lub 3 liczb sporadycznie znalezionych, nawet nie zawsze w tem samem miejscu przy brzegu, nie można żadnych wniosków wyciągać. Blizkość Stawu Czarnego, podleganie więc czynnikom meteorologicznym bardzo zbliżonym do występujących przy tamtem głębokiem jeziorze, pozwalają oczekiwać tutaj tego samego w ogólności przebiegu rocznych zmian ciepłoty na ich powierzchniach. Większe wzniesienie się ich nad p. m. (Zielony Staw 1675 m.; Długi Staw, o którym już była raz wzmianka 1790 m.) skracają dla nich oczywiście ten przeciąg czasu, w którym uwarstwienie termiczne jest letniem, w którem więc zimniejsze warstwy są nakryte cieplejszemi. Dla najgłębszego z nich Stawu Zielonego (14·5 m.) znalazł p. Świerz sondowaniem w dniach 20. i 28. września 1892

z	τ
0 m.	11·0° C.
6	10·0
12	5·7
14·5 (dno)	5·4,

skąd głębokość K wypada równą jeszcze około 8 m. Nie należy zapominać, że te pomiary były wykonane po niebywałych upałach drugiej połowy sierpnia i znacznej jeszcze zwyżce ciepłoty powietrza w ciągu niezwykle pogodnego września. Ta okoliczność z jednej strony potwierdza nasze zdanie — często wypowiadane w ciągu pracy niniejszej — że przedewszystkiem insolacya jest głównym czynnikiem jakości stosunków hydrotermicznych w Tatrach, z drugiej zaś wskazuje, iż skracanie się czasu, podczas którego jezioro posiada letnią budowę termiczną (skracanie się idące na karb wzrostu wzniesień u różnych jezior), nie jest równomiernem wiosną (względnie wczesnem latem) i jesienią. Widzimy tutaj, że w dniach już po równonocy jesiennej, budowa tego dość wysokiego jeziora nie tylko że była jeszcze letnią, ale nawet dość jeszcze oddaloną od uwarstwienia przejściowego (zob. rozdział III-ci części I-ej) i obojętnej równowagi całego jeziora. Najznaczniejsza więc część owego skracania się jest udziałem wiosny i lata; różnica fazy w ogrzewaniu się jezior na różnych wysokościach jest więc wywołaną głównie różnicą czasów ich odmarzania, znacznie zaś mniej różnicą w czasach zamarzania, która i tak — według dotychczasowych informacyj — jest mniejszą od pierwszej. O Stawie Długim czyli Kuklatym mam do nadmienienia tylko tyle, że maleńka jego powierzchnia 1·5 ha.,

Digitized by Google

płytkość (latem niecałe 7 m.) i znaczne wzniesienie (1790 m.), mogą się bardzo łatwo złożyć na zamarzanie jego w ciągu zimy aż do dna, jak o tem przewodnicy góralscy jednozgodnie opowiadają (zob. rozdział IV-ty części I). Zresztą poziom wody we wszystkich jeziorkach Gąsienicowych Doliny Suchej Wody zniża się późnem latem i jesienią dość znacznie, jak samo wysychanie potoku Sucha Woda o tem świadczy, co może tylko ułatwić zamarznięcie aż do dna.

Ostatnie jeziorko, Staw Zmarzły pod Zawratem, zasługuje jeszcze na wzmiankę, oraz na przytoczenie kilku szczegółów, z których jeden jest nawet interesującym z powodu swej niezwykłości. Jest to ten sam stawek, który tworzy górny, lecz mały i bardzo zimny zbiornik dla wód Stawu Czarnego pod Kościelcem, a o którym zresztą na innem miejscu tej pracy kilkakrotnie wspominałem. W opis niezmiernie dzikiej dolinki tego jeziorka wdawać się nie będę, znanym jest on bowiem dostatecznie nawet z „Przewodników Tatrzańskich“ Eljasza i Kolbenheyera. Wspomnę tylko o nadzwyczajnem zacieśnieniu dolinki i o wielkiej stromości pobrzeża tego stawku popod zboczami Granatów, Koziego Wirchu i rozległem „morenowatem“ usypiskiem na tyłach Kościelca. Po tem właśnie usypisku wiedzie droga na Zawrat od Stawu Czarnego; na niem to oberwane od Kościelca głazy utworzyły wielką jaskinię („Kolebę“), dobrze znaną turystom, tuż obok bardzo obfitego, a niezmiernie zimnego źródła [1]), tworzącego

[1]) Według pomiarów Kolbenheyera wysokość Stawu Zmarzłego nad p. m. wynosi 1795 m., prawie tyleż (1793 m.) wypada z pomiaru Janoty, obliczonego przez prof. Karlińskiego; źródło leży na wysokości 1820 m. (Kolbenh. Jahrb. des ungar. Karp. Ver. VII, 122). Sam mierzyłem barometrem te wysokości, dotąd jeszcze ich jednak nie obliczyłem. Ta część starej moreny Zmarzłego jest zatem blizko (1820 — 1794) = 26 m. wysoka; sam staw jest dzisiaj już płytkim, (dosondowałem się niecałych 5 m.), ale istnieją najwyraźniejsze oznaki, że był on niegdyś znacznie większym, a — przy wielkiej stromości wybrzeża — zarazem znacznie głębszym. Stary Roj (przewodnik I klasy) i Wala (patryarcha przewodników) znający miejscowość od kilkudziesięciu lat zapewniali mię, że „Zmarzły“ za ich lat młodych był znacznie większym i wyglądał odmiennie; ostatni w pogadance ze mną przepowiadał po swojemu, że „za 50 lat“ stawek będzie już zasypanym. Temperatura źródła (poniki jego są dotąd nieznane) była dotychczas 8 razy mierzoną:

Rok	Data	Godzina	t (powietrz.)	τ (woda)	Obserwator	Uwaga
1867	14/IX	—		1·7° C.	Janota	Powyżej śnieg zlodowaciały.
1875	24/VIII	4 p. m.	9·4°	3·0	Kolb.	—
1876	15/VII	1½ p.	15·0	1·6	Świerz	—
1880	16/VII	3 p.	14·0	2·0	„	—
1881	27/VIII	9½ a.	18·0	2·3	„	—

Digitized by Google

główny i stateczny dopływ Zmarzłego. Inne jego dopływy pochodzą wprost już z blizkich płatów śnieżnych, w głębi jeszcze lata zwieszonych nad samą wodą przy brzegach; śniegi z wąwozu Zawratowego nie dostarczają jednak tutaj wód dopływowych, te bowiem napotkawszy zaporę w siodełku łączącem podstawy Kościelca i Koziego Wirchu, staczają się wprost do Czarnego Stawu.

Zejście lodów na stawku następuje najwcześniej w drugiej połowie czerwca, zazwyczaj dopiero z początkiem lipca. Dnia 15. lipca 1876. jezioro, po większej części pokryte jeszcze śniegiem (Świerz), miało na powierzchni tylko + 1·6° C., znajdowało się więc podówczas jeszcze w zimowym ustroju termicznym, tj. na dnie posiadało ciepłotę bez wątpienia wyższą od + 1·6° a niższą od 4° C. Natomiast d. 8. sierpnia 1890 r. po długotrwałej pogodzie lipca i początkowych dni sierpnia znalazłem temperaturę na jego powierzchni 8·4° C. (przy brzegu), więc wcale wysoką; stawek nietylko że był zupełnie rozmarzniętym, ale także i śniegu niewiele miał naokoło. Nawet bystry dopływ od niego przed samem wejściem do Czarnego Stawu posiadał jeszcze ciepłotę małoco różną (7·8° o $2\frac{1}{2}$ p. m. 7·1° C. o $4\frac{1}{2}$ p. m. tego samego dnia); wody jeziorka miały wówczas niezawodnie letnią budowę termiczną i to już nawet niezbyt „świeżą". W dniu 22. lipca 1892 r. sondując termometrycznie to jeziorko zapomocą przyrządu Fuggera (termometr minimum Alt Nr. 29) otrzymałem:

w głębokości z	temperatura τ
0·0 m.	3·05° C.
3·0 m.	2·95
3·8 m.	2·60,

tyleż jeszcze w głębokości 4·2 m. (na dnie) albo raczej cośkolwiek (0·1°, co najwyżej zaś 0·2°) mniej, gdyż przynaglony zawieruchą śnieżną i deszczową wytrzymałem termometr na dnie tutaj tylko 4 minuty. Te trzy liczby, za których dokładność, przynajmniej aż po $\frac{1}{10}$° C., mogę poręczać, okazują, jak ostrożnym potrzeba być we wnioskach, dotyczących mechaniki jeziora górskiego, zwłaszcza wówczas, gdy temperatura na powierzchni jest blizką + 4° C. Ciepłota w dolnych warstwach była tutaj niższą, aniżeli na powierzchni, termiczny ustrój jeziora był więc „letnim", a przecież lżejsze wody (tj. bardziej

Rok	Data	Godzina	t (powietrz.)	τ (woda)	Obserwator	Uwaga
1890	8/VIII	$3\frac{1}{4}$ p.	12·0° C.	2·5° C.	B.	po deszczu i gradzie.
1891	8/VIII	$4\frac{1}{2}$ p.	4·0	3·6	B.	po dłuższej słocie i wśród deszczu.
1893	5/VIII	$4\frac{1}{4}$ p.	11·0	2·1	B.	dzień b. pogodny.

Digitized by Google

od 4° C. ku zeru oddalone) znajdowały się niżej, a nieco cięższe wyżej. Ten „paradoks“ mogę sobie wytłómaczyć tylko w jedyny sposób. Przypomnę mianowicie, że mechanika każdego wogóle jeziora nie jest zjawiskiem hydrostatycznem ale hydrodynamicznem, że więc objaw, o którym mowa, byłby rzeczywiście niemożliwym w wodach stojących, że zaś może on bardzo dobrze występować wśród cieczy znajdujących się w żwawym ruchu. Wyobrażam sobie, że zimna aż po 2·6° (może aż po 2·5°) woda dopływów śniegowych wpadając z wielką nagłością po bardzo stromem pobrzeżu stawku, przedziera w takich razach gęstszą od siebie, ale spokojną już wodę powierzchni jeziorka, a ulegając dalszemu bystremu spadkowi jego basenu, wyżłabia sobie pod działaniem siły ciężkości korytko aż do samego dna jeziora. Stąd wydźwiguje się ku powierzchni niegłębokiego zbiornika, ażeby ustąpić miejsca nowo przybywającej wodzie dopływowej o tej samej, co ona wprzód temperaturze, którą znowu ten sam los ma spotkać. Wyobrażam sobie niedopełnioną misę wody, po której wysokich i bardzo stromych brzegach — jak gdyby po płaszczyznach pochyłych prawie pionowych — staczają się do wody liczne kulki drewniane. Choć drzewo pływa po wodzie, gdy żadna siła zewnętrzna nie udzieli mu pionowego przyspieszenia, to przecież zatonie ono w niej czasowo, tracąc w środowisku opór stawiającem swą chyżość pionową, aż ją wreszcie całkiem postrada w pewnej pod powierzchnią głębokości. Odtąd dopiero hydrostatyczne prawo Archimedesa daje się z wszelką ścisłością zastosować do owych kulek drewnianych, od tej dopiero głębokości, która w płytszym zbiorniku wody może być aż na dnie samem — rozpoczną kulki drewniane drugą część swej wędrówki, ku powierzchni w górę. Zastąpmy liczny szereg kulek drewnianych jeszcze liczniejszemi kroplami wody lżejszej gatunkowo, a — sądzę — analogia jednego i drugiego zjawiska będzie zupełną. W tym konkretnie obserwowanym przypadku, temperatura na powierzchni była o 0·95° C. niższą od temperatury maximum gęstości wody: łatwo jednak wyrozumieć, że taki sam „paradoks hydrodynamiczny“ będzie się zdarzać także wówczas, gdy w miarę letniego ogrzewania się powierzchni jeziorka, ciepłota na niej wzrośnie nawet do 4°. Z podniesieniem się górnej temperatury do 5°, 6°...., zniknie oczywiście cała osobliwość tego zjawiska, a jeziorko będzie wówczas miało zupełnie normalną letnią budowę termiczną.

Czernichów pod Krakowem, w grudniu 1893 r.

Digitized by Google

SPIS RZECZY.

Str.

Wstęp 186

CZĘŚĆ I-sza.

Jezioro Rybie.

Rozdział I-szy. Stosunki temperatury Doliny Rybiego 192
„ II-gi. Dzienne zmiany ciepłoty na powierzchni Rybiego 206
„ III-ci. Roczne zmiany ciepłoty na powierzchni Rybiego 232
„ IV-ty. Zimowa fizy gnomia jezior tatrzańskich 262
„ V-ty. Stosunki ciepłoty w różnych głębokościach. Uwagi ogólne . . 276
„ VI-ty. Dzienne i roczne zmiany ciepłoty w różnych głębokościach Jeziora Rybiego 308
„ VII-my. Powierzchnie isotermiczne. Inne szczegóły mechaniki termicznej Jeziora Rybiego 330

CZĘŚĆ II-ga.

Inne jeziora tatrzańskie.

A. Czarny Staw nad Rybiem (pod Rysami) 359
B. Jeziora Doliny Pięciu Stawów Polskich 366
C. Jeziora Doliny Suchej Wody 389

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google